日機連２０標準化－５

平成２０年度
産業オートメーションシステムの安全技術に関する国際共同研究テーマの発掘調査研究報告書

平成２１年３月

社団法人　日本機械工業連合会
社団法人　日本電気制御機器工業会

この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。
http://ringring-keirin.jp/

序

我が国では、標準化の重要性は以前から十分認識されており、特に機械工業においてはきわめて精巧な規格が制定されてきています。また経済の国際化に伴い、世界的規模で規格の国際共通化が進められております。

しかし、我が国の規格の中には独自で制定したものもあり、国際化の視点での見直しを行う必要性が高まっています。弊会ではこれに対応するため、従来から機械工業に係わる国内規格の国際規格との整合化事業等に取り組んで参りました。

近年、国際標準化にも新しい動きが起こり、製品を中心とした規格に加え、品質や環境などをはじめとするマネジメントに係わる規格などが制定されてきております。弊会においてもこの動きに対応し、機械安全、環境保全など機械工業におけるマネジメントにかかわる規格や、機械工業の横断的な規格についての取り組みを強化しているところです。

具体的には、国内規格と国際規格との整合を目指した諸活動、機械安全規格整備とリスクアセスメントの普及活動、各専門分野の機関・団体の協力による機種別・課題別標準化の推進などです。これらの事業成果は、日本発の国際規格への提案や国際規格と整合した日本工業規格(JIS)、団体規格の早期制定などとなって実を結ぶものであります。

こうした背景に鑑み、弊会では機械工業の標準化推進のテーマの一つとして、社団法人日本電気制御機器工業会に「産業オートメーションシステムの安全技術に関する国際共同研究テーマの発掘調査研究」を調査委託いたしました。本報告書は、この研究成果であり、関係各位のご参考に寄与すれば幸甚です。

平成２１年３月

社団法人　日本機械工業連合会

会　長　　金　井　　務

はしがき

我が国産業界は、機械の製造面では世界をリードしているものの、安全面では先進国に比較して遅れ、社会的にも安全意識が未だ不十分な状況であったが、近年、我が国の労働安全衛生法の改正を転機とし、(社）日本機械工業連合会の積極的な啓発活動により機械安全分野における技術の開発、安全知識の普及･啓発が重要テーマとなってきています。

このような状況の下、平成１９年１１月、（社）日本機械工業連合会のご支援により、第５回 SIAS(産業オートメーションシステムの安全に関する国際会議）が、安全技術に関する国際会議としては初めて日本で開催されました。これまでの SIAS での国別の発表累計件数では、１位のドイツに次いで、日本は第 2 位になっており、安全技術開発に対する意識の大幅な向上が浸透しつつあります。また、発表機関別の推移をみても産・官・学がうまくバランスし、社会ニーズを反映した発表件数が増加しています。この日本の発表に対して安全先進国からも大きな反響があり、安全技術共同研究の提案が寄せられました。

上記背景のもと、安全先進国と対等な立場で安全技術の開発に乗り出すことは、我が国技術基盤の向上、ノウハウの蓄積において非常に重要かつ貴重であり、共同研究の実現により、安全先進国の一員としての地位を確たるものにすることができると考えられます。

今回、わが国が得意とする RFID（Radio Frequency Identification：電波を利用した認識技術）分野、中でも存在検知における RFID 活用の可能性について、共同研究の具体的なテーマを調査することは、日本にとって重要な活動となります。

今年度の調査研究は、RFID 活用による安全システム実現に関して、ドイツとの共同研究テーマの調査発掘を行い、具体的なテーマの内容を調査研究いたしました。

発掘した協同研究開発テーマを実際に実行することは、我が国の安全技術の研究開発活動の活性化やものづくり産業の安全化推進に大きく寄与すると共に、我が国を含むグローバルの産業現場での安全化の実現に貢献していくことが期待できます。

本調査研究のために、多くの関係者の方々にご協力をいただき、ここに改めて御礼を申し上げます。

平成２１年３月

社団法人　日本電気制御機器工業会
会　長　　小野木　聖二

１．事業運営組織　調査研究本委員会（*印は委員長）

氏　　名	所属及び役職
向殿　政男*	明治大学教授 理工学部　情報科学科
藤田　俊弘	IDEC㈱常務執行役員　技術戦略担当　技術本部長 IDEC グループ C.T.O NECA　制御安全委員会委員長
福田　隆文	長岡技術科学大学　システム安全系　准教授
池田　博康	（独）労働安全衛生総合研究所 機械システム安全研究グループ　上席研究員
外山　久雄	オムロン㈱　IAB 技術規格管理部 長岡技術科学大学　客員教授 NECA　技術委員会　副委員長
事務局	
仲摩　恵一	(社）日本電気制御機器工業会　事務局長
井尾　正一	(社）日本電気制御機器工業会　企画部長
垣本　達美	(社）日本電気制御機器工業会

2. 事業運営組織　調査研究WG（*印は座長）

氏　　名	所属及び役職
外山　久雄*	オムロン㈱　IAB 技術規格管理部 長岡技術科学大学　客員教授 NECA 技術委員会　副委員長
清水　尚憲	（独）労働安全衛生総合研究所 機械システム安全研究グループ　上席研究員
野中　俊助	㈱山武　アドバンスオートメーションカンパニー プロダクト開発部

福井　秀利	IDEC㈱　商品開発センター
飯田　龍也	オムロン㈱　セーフティ事業部 セーフティソリューションセンタ
事務局	
井尾　正一	(社)日本電気制御機器工業会　　企画部長
垣本　達美	(社）日本電気制御機器工業会

目次

第１章　調査研究の概要 ……1
1.1　背景と目的 ……1
1.2　調査研究体制 ……2
1.3　調査研究項目・スケジュール ……3
1.4　活動結果 ……5
第２章　国内における安全分野に展開できる RFID の調査 ……6
2.1　活用研究の調査１ ……6
2.2　活用研究の調査２ ……27
第３章　欧州の安全関連機関における研究開発実態調査 ……41
3.1　欧州における安全制御機器の最新動向調査 ……41
3.2　国際共同研究テーマ探索のための安全関連機関訪問 ……47
第４章　国際共同研究テーマまとめと今後の展開案 ……49
4.1　共同研究開発テーマの抽出 ……49
4.2　今後の展開への検討 ……55

添付資料１：日本国内での活用研究の調査１ ……72
添付資料２：日本国内での活用研究の調査２ ……82
添付資料３：欧州調査報告１ ……92
添付資料４：欧州調査報告２ ……106
添付資料５：調査研究　本委員会議事録 ……123

第１章　調査研究の概要

1.1　背景と目的

近年、技術の発展と社会との共存に対する課題がクローズアップされ、機械工業分野においても安全問題が注目を浴びるようになってきている。機械類の安全性に関する国際規格の制定も踏まえて、平成１９年には厚生労働省の「機械の包括的な安全性に関する指針」の改正に伴い、リスクアセスメント及びその結果に基づく措置の実施が事業者の努力義務として規定されるなど､機械工業にとってきわめて重要な課題となっている。

海外では欧米諸国を中心に環境・安全に配慮した機械を求める気運の高まりから、それに伴う基準、法整備も進みつつあり、製品を中心とした規格に加え、品質や安全などをはじめとするマネジメントにかかわる規格などが制定されてきている。

我が国産業界は、機械の製造面では世界をリードしているものの、こうした安全面では先進国に比較して遅れ、社会的にも安全意識が未だ不十分な状況であったが、先の労働安全衛生法の改正を転機とし、機械安全分野における技術の開発、安全知識の普及･啓発と国際安全規格に沿った安全方策実施が重要なテーマとなってきている。

このような背景のもと、我が国が先進性を有し、今後イニシアティブをとっていくことが可能な安全技術分野である制御安全等の分野を中心に、安全先進国との国際共同テーマの研究開発を実行していくことにより、

①我が国産業界での安全技術への関心度の大幅向上が図られる。

②新規安全技術の開発を安全先進国とグローバルベースで連携推進することで、制御機器業界を始めとした、世界に展開する日本の機械産業やものづくり産業に対し、最新安全技術導入による新用途の発掘で優位性が得られる。

などの効果を期待して、わが国のものづくり産業の安全化の推進に寄与することを目的として、国際共同テーマの発掘調査を行った。

1.2　調査研究体制

（社）日本電気制御機器工業会（NECA）では、有識者を中心に構成した「調査研究本委員会」及び実務者で構成した「調査ワーキンググループ」を設け、研究員として NECA 職員を選任し、調査研究を行う。本委員会の役割は、調査研究の方針を決定し事業を統括すると共に、ワーキンググループの作業内容について審議、承認する。

ワーキンググループは、本委員会で承認された実行計画を調査研究し、その成果を報告書としてまとめる。

また平行して NECA 内「制御安全委員会」に「調査委員会」（委員長：向殿政男氏明治大学教授）を設置し、本事業の調査研究の内容および成果についての＜自己評価実施体制＞を敷いて自己評価を実施する。

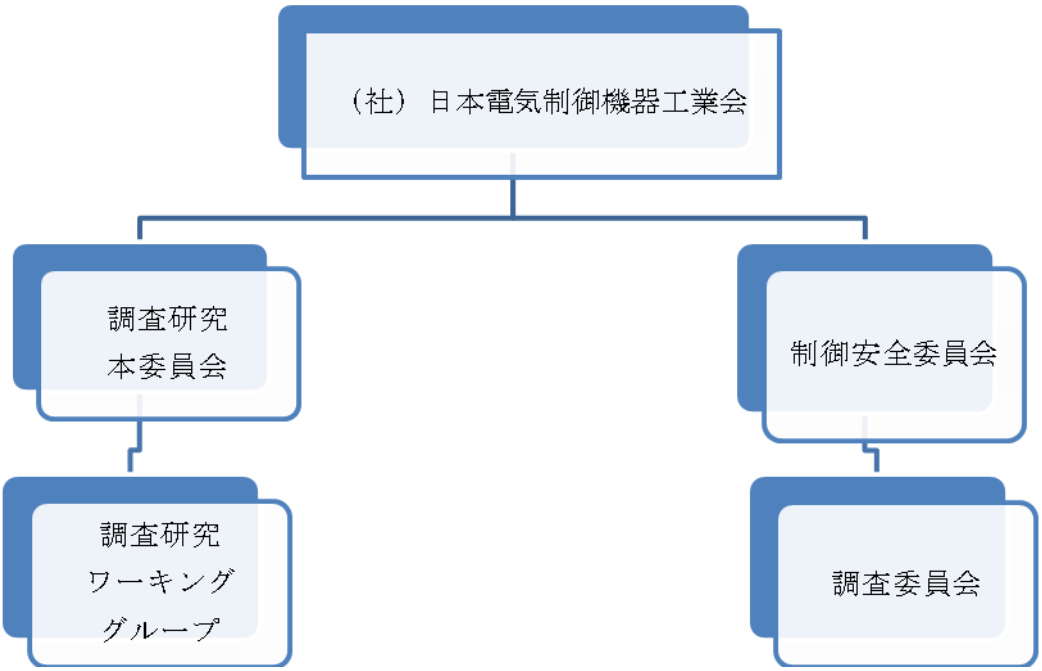


図 1.2.1　調査研究体制

1.3　調査研究項目・スケジュール

（１）事業名

平成２０年度「産業オートメーションシステムの安全技術に関する国際共同研究テーマの発掘調査研究」事業

（２）事業の目的

我が国産業界は、機械の製造面では世界をリードしているものの、安全面では先進国に比較して遅れ、社会的にも安全意識が未だ不十分な状況であったが、近年、我が国の労働安全衛生法の改正を転機とし、（社）日本機械工業連合会等の積極的な啓発活動により機械安全分野における技術の開発、安全知識の普及･啓発と安全方策実施が推進されつつある。我が国のものづくりに関する安全技術は、安全先進国と対等以上の技術を有する分野もあり、SIAS における我が国からの発表に対して多くの国から情報の提供と共同研究への要請等の反響があった。このような背景のもと、わが国が先進性を有し、今後イニシアティブをとっていくことが可能な安全技術分野である制御安全等の分野を中心に安全先進国との国際共同テーマの研究開発を実行していくことは我が国のものづくり産業の安全化を大いに推進することになる。

本事業の目的は、我が国を含むグローバルの産業現場での安全化の実現に貢献することである。

（３）事業の内容

２００７年１１月に日本で開催された第５回 SIAS（Safety of Industrial Automated Systems）国際会議は、人と機械の共存環境における安全の重要性への認識が高まる中、機械安全、人間工学、機能安全、ソフトウエアの安全、リスクアセスメント、Vision システム、ロボット安全、また安全教育やメンテナンスにおける安全等がテーマとして含まれるようになり、その研究対象が年々拡大しており、今後の展開として安全技術のグローバルな研究開発の必要性が表明されたことが特徴的な会議であった。また、日本の発表に対して安全先進国から大きな反響があり、安全技術共同研究の提案が寄せられ、RFID(Radio Frequency Identification：電波を利用した認証技術)の人・ものの識別機能および記憶機能を活用しての安全システムへの展開について各国の多くの専門家が興味を示した。このような中、我が国が先進性を有し、今後イニシアティブをとっていくことが可能な RFID の存在検知機能、情報記録機能に着目して、産業オートメーションシステムの安全技術分野に関する国際共同研究テーマの発掘のために以下の項目の調査を国内および欧州において実施し、共同研究可能なテーマを抽出する。

①国内における安全分野に展開できる RFID の調査

・産業オートメーション設備機械の稼動に関する全てのシーンで、機械を安全操業するための手段（技術）として RFID に注目し、機械の操業シーンにおける安全確保に RFID が活用できるかどうか、その用途と手段を調査した。

・木工加工用機械安全システムに関して、危険点近接作業（作業者が機械の可動部を停止することなく行う運転確認や調整などの作業）における RFID の活用の可能性を調査した。

②欧州の安全関連機関における研究開発実態調査

安全先進国ドイツを中心とした欧州における安全分野の RFID 活用に関する新規技術開発動向を探り、その中から共同テーマの可能性を調査した。

・２００８年１１月２５日～２７日にドイツのニュルンベルグで開催された SPS/IPC/DRIVES 展示会（産業オートメーションの中核機器である最新の技術と制御機器を中心に公開する展示会）の出展メーカに対してヒアリング調査し、RFID を中心に安全技術の最新動向を把握した。

・２００９年３月に訪独し、BGIA（ドイツ労働安全衛生研究所）および RFID 関連企業を訪問して、RFID 活用に関する国際研究共同テーマについて上記調査研究成果をもとに抽出したテーマを提案し、意見交換した。

（４）スケジュール

半期別･月別 / 項　　目	下半期				
	20年／11	12	21年／1	2	3
①安全分野に展開できるRFIDの調査	→	→	→		
②欧州関係機関への調査	→	→	→	→	
③提言の検討				→	→
④調査研究　本委員会開催		○			○
⑤調査研究　WG 開催		○	○	○	○○
⑥調査委員会開催					○
⑦報告書の作成･公表					→

図 1.3.1　活動スケジュール

1.4　活動結果

1.3 の活動計画に対し、２００８年１１月からスタートし活動を実行した。結果を以下報告する。

調査研究本委員会および調査研究 WG は以下の表の結果の通り実施した。調査研究本委員会の議事録は添付資料5を参照。

予定	実績
第1回2008.12.18 キックオフ	第１回　2008.12.18　本委員会開催　キックオフ 計画の決定（役割含め）、まとめの方向性
第2回2009.3 事業の総括	第２回　2009.3.23　本委員会開催 報告書の最終レビューと事業の終了確認

調査研究WG委員会スケジュール予定と実績

年　月	実績
平成２０年１２月	第１回2008.12.18　ＷＧ委員会開催 検討対象の確認、現地調査計画を立案した
平成２１年　１月	第２回2009.1.23　ＷＧ委員会開催 調査データ（国内および海外）の中間状況報告
平成２１年　２月	第３回2009.2.20　ＷＧ委員会開催 上記と纏めのレビュー
平成２１年　３月	第４回2009.3.18　ＷＧ委員会開催 報告書の途中のレビュー、海外活動の報告
平成２１年　３月	第５回2009.3.23　ＷＧ委員会開催 報告書の確定

図 1.4.1　調査研究活動予定と実績

海外調査の予定と実績

予定	実績
平成２０年１１月	2008.11.25～27 ドイツでのSPS/DRIVES展示会および関連団体を調査 ・RFID最新動向調査（安全関連利用） ・安全関連動向調査
平成２１年２月	2009.3.4～11 ドイツでのCeBIT展示会調査および安全関連団体との交流 ・CeBIT展示会でRFIDの調査 ・BGIAとの共同研究交流 ・安全機器メーカとの交流

図 1.4.2　海外調査活動の予定と実績

上記活動の成果を以下第２章から第４章に記載する。

第２章　国内における安全分野に展開できる RFID の調査

2.1　活用研究の調査１

（社）日本電気制御機器工業会にて RFID を安全システムへ活用する調査を実施したので報告する。

RFID は非接触でデータの読み出しと書き換えが（Read & Write）可能で、「もの」と「情報」との一元化ができることから、生産現場では「生産品種」「機種」「ロット管理」「履歴管理」「検査情報管理」などの特定化情報や履歴情報の管理に用いられている。昨今、国際安全規格の浸透により、機械のリスク低減の方策としてドアインターロック・スイッチなど安全機器の導入が進みつつある。しかしながら、安全機器を導入したとしても、全てがそれを正しく理解し使用しているとは言い切れない。設計者もそうだが、現場の作業者や保全担当者のレベルにもバラツキがあり、正しく使用、メンテナンスされていないことが原因で災害に繋がるケースも見受けられる。

そこで、RFID の特長である「特定化」と「履歴管理」を安全に応用することで、（例えば作業者のレベルに応じて作業を制限するとか危険領域へのアクセスを制限するなどの「作業者の特定化」）このような問題点が解決できないか調査を行った。

図 2.1.1 に人と機械とのマッチングに関して図式化した。図 2.1.2 にニーズから想定したターゲット案１～３を検討した。

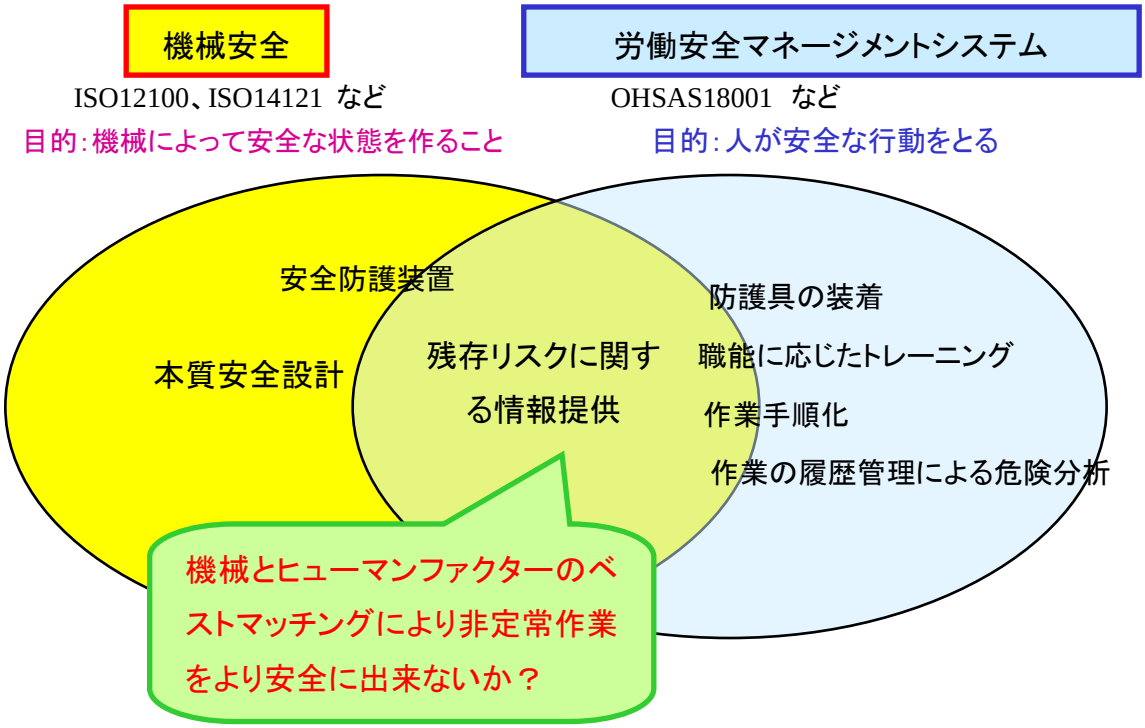


図 2.1.1　人と機械とのマッチング

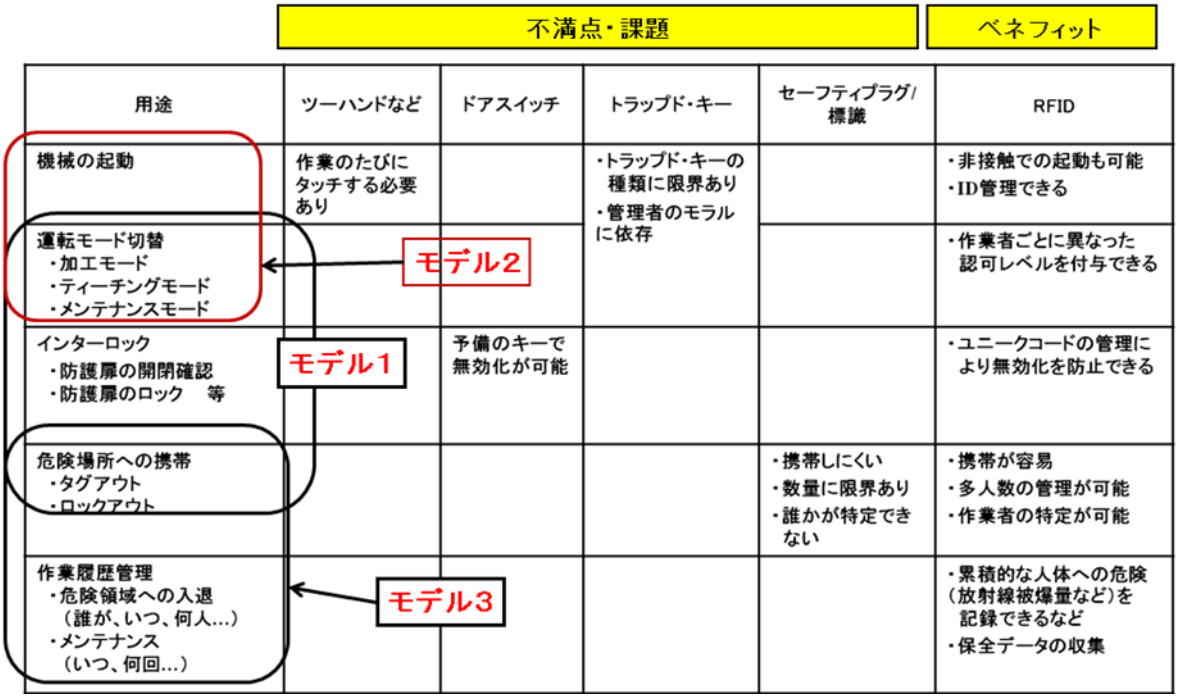


図 2.1.2　ニーズから想定したターゲット案

以下、ターゲット１（作業者の階層別に危険領域へのアクセスを管理する）、ターゲット２（作業者の姿勢・立ち位置を起動条件とした機械の安全化）、ターゲット３（作業者の位置を特定し、エリア内への侵入を検知する）について説明する。

2.1.1　ターゲット１

ガードによって周囲を囲まれた生産システムをモデルとして想定し、複数の RFID タグに異なる作業者のレベル（職務権限、危険回避のための訓練の程度などを想定）をコード化することにより、

（１）　個々の作業者の能力に応じた安全管理が可能になる。

（２）ガード内部の残留者の有無によって装置をインターロックすることで複数人作業を安全化できる。

（３）同一空間での作業者の危険回避能力をその作業に応じたレベルの所有者に限定することで、知識や訓練の不足に起因する事故を低減できる。

という仮説を立て、これらの仮説を以下に検証した。

2.1.1.1　試験機の構成

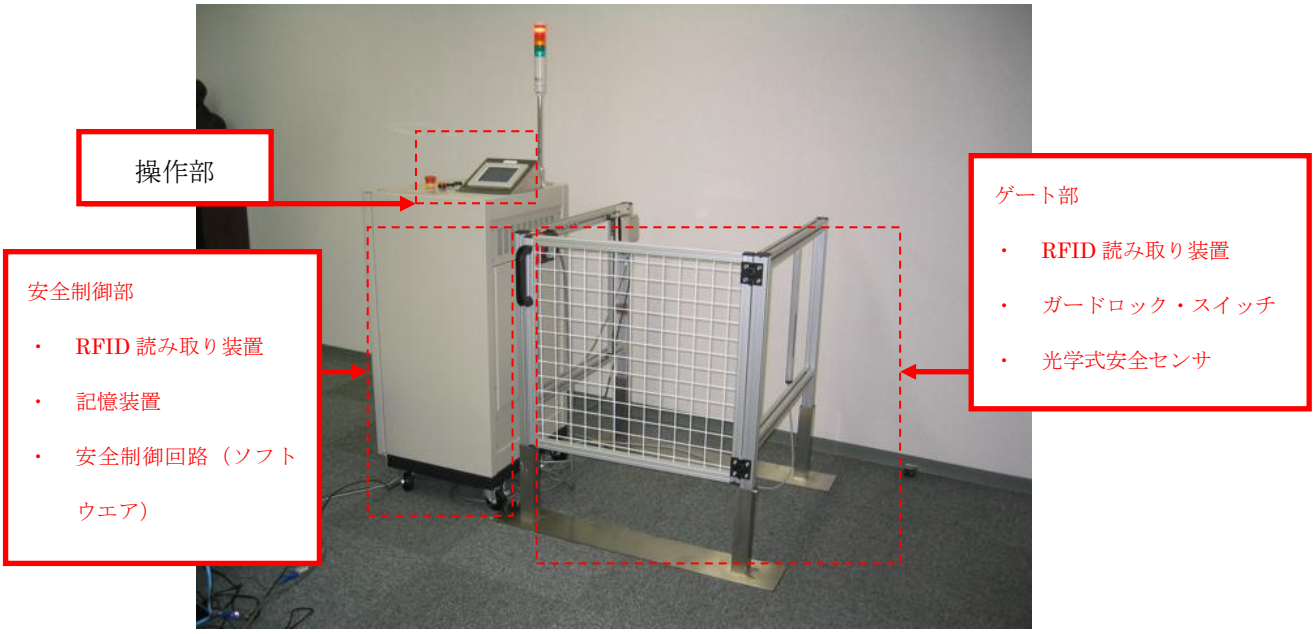


図 2.1.3　試験機の構成

上記の仮説を検証するため、ロボット・セルをモデルにした試験機を作成した。この試験機は図 2.1.3 に示すように、ゲート部、安全制御部、操作部により構成されている。

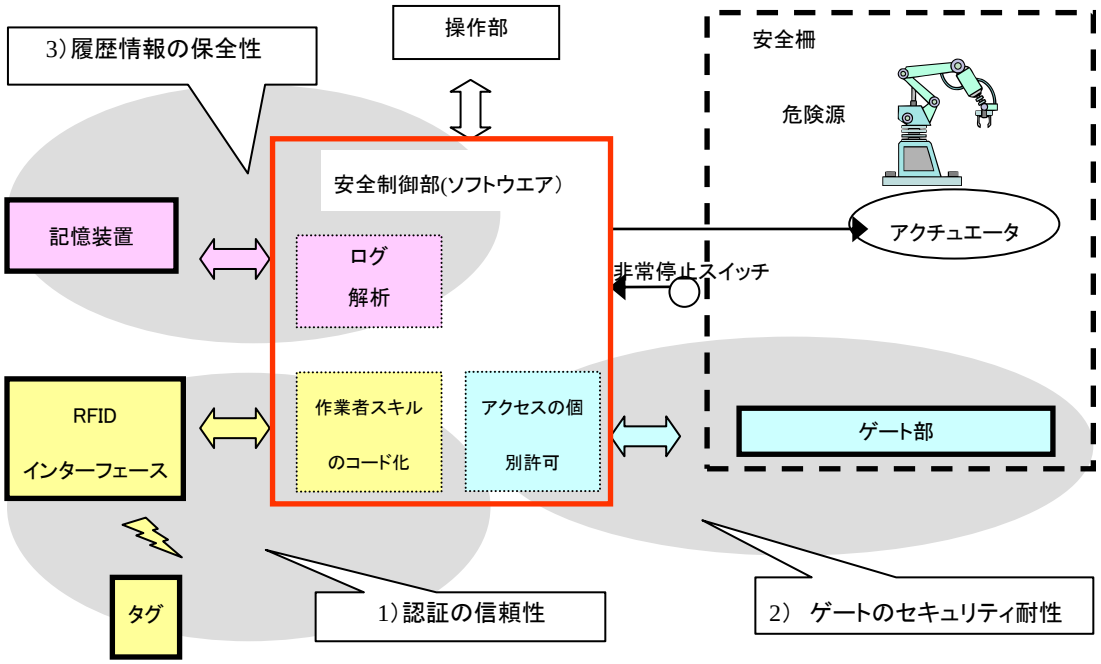


図 2.1.4　試験機のブロック図

図 2.1.4 は試験機のブロック図である。このモデルにおいて仮説を実現するには

３つの重要な要素があるとした。

① 認証の信頼性

・実際の作業現場の実情に即した作業者能力の階層化およびその運用の管理方法の妥当性

・RFID タグに記録された情報の読み取り及び書き込みの危険側誤り率

② ゲートの不正な入場あるいは退出に対してのセキュリティ耐性

③ ガード内部に進入した作業者の履歴情報の保全性

これらの要素を実現する上で重要なデバイスとして、ゲート部は安全規格認証を取得したガードロック・スイッチ、光学式安全センサによって構成している。安全制御部は同様に安全 PLC（Programmable Logic Control）を用いている。ただし、この試験機は仮説検証のためのものであり、現時点で機械安全に整合された規格の存在しない RFID のインターフェースは通常の RFID インターフェースとし、記憶装置は通常の PLC の記憶装置で代用している。

2.1.1.2　作業者スキルのモデル化

試験機では表 2.2.1 のように作業者の役割をモデル化した。個人を特定する氏名のほかに１から３の３段階に分類した危険回避能力が書き込まれた RFID タグを個人の認証に用いる。危険回避能力とは、ロボットのティーチング作業に従事する資格、機械の起動をする権限、セル内へ進入する権限などをコード化したものである。

実際はそれぞれの現場の運用にあわせてコードを体系化する必要がある。

図 2.1.5(-a～-c)に一例を示す。

作業者	危険回避能力	作業内容	セル内でのティーチング	機械の起動	セル内への進入
A	3	ロボットのティーチング	可	可	可
B	2	機械の運転、材料供給	不可	可	可
C	1	清掃	不可	不可	可

表 2.1.1　RFID タグへのデータ

図 2.1.5-a　A作業者

図 2.1.5-b　B作業者

図 2.1.5-c　C作業者

2.1.1.3　RFID のインターフェース選定

本システムで使用した RFID のインターフェースは ISO18000-3 に準拠した 13.56MHz の電磁結合方式のものである。このインターフェーを選定した理由は、耐ノイズ性や交信時の反射や干渉など、生産現場の環境にたいして安定した動作が実証されており、かつ国際的に広く整合されている周波数帯域のインターフェースのためである。

図 2.1.6　タグの携帯方法

タグの携帯方法については、図 2.1.6 のようにカード型の RFID タグを首から下げる方法とした。このタイプのタグはタグ内部に電池などの動力を有さないパッシブタイプのものである。この場合読み取り装置との交信距離はおよそ 50mm 以下であるため妥当な携帯方法と判断した。またカード型のタグであれば通常のセキュリティコントロールに使用される ID カードとの共用も考えられる。

ただし、携帯方法は実際の作業環境や運用方法に合わせて選定する必要がある。

2.1.1.4　ゲートの制御シーケンス

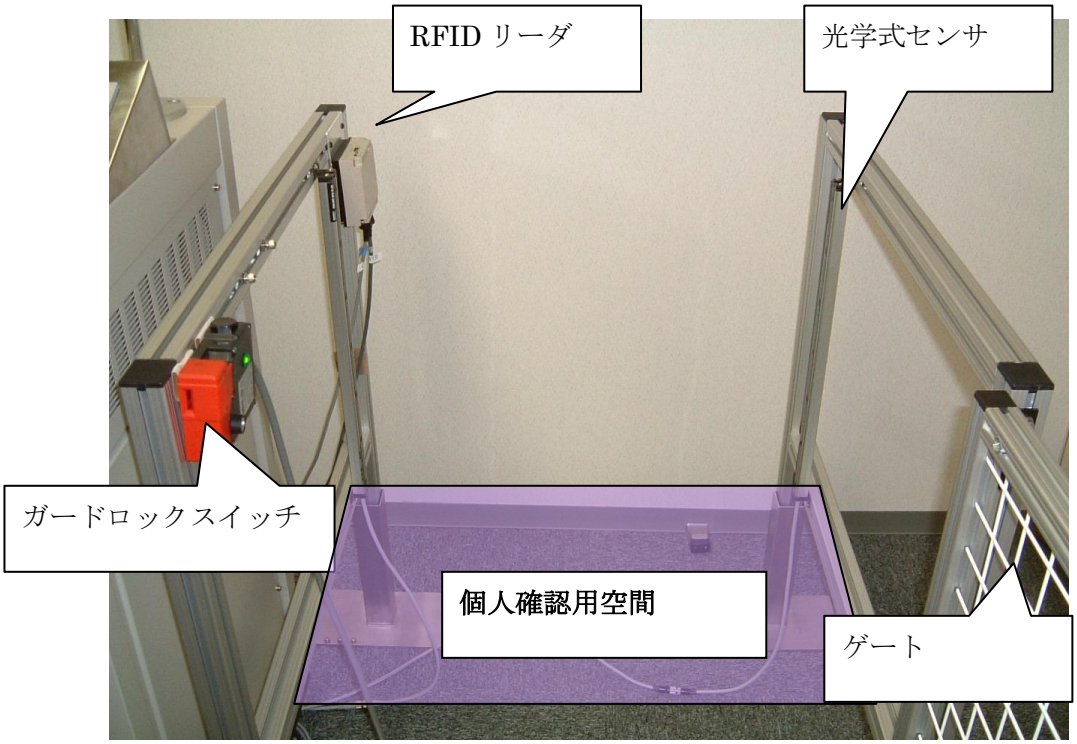
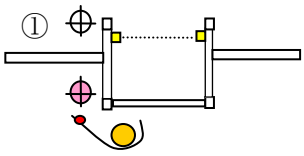
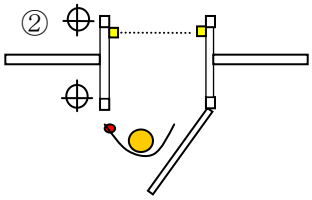


図 2.1.7　ゲート部の構成





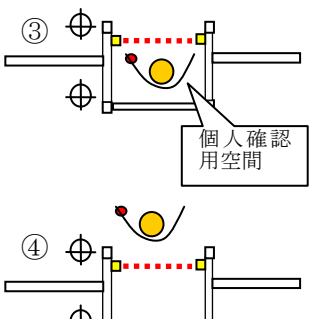


図 2.1.8　入場シーケンス

本研究のモデルにおいてゲート制御には重要な役割がある。この本研究の仮説はガードの内部という閉ざされた空間へアクセスしようとする人間すべてを特定することによって成り立つ。したがって一人一人を確実に識別することが必要になる。このために「個人確認用空間」をゲート部に設けている。この空間には人が一人しか入ることができない。これにより一個のタグで複数人が同時に入退場するなどの不正を防止している。

（1）入場のシーケンス（図 2.1.8 参照）

① 入場者は、自分のタグを入場用のリーダで認識させる。

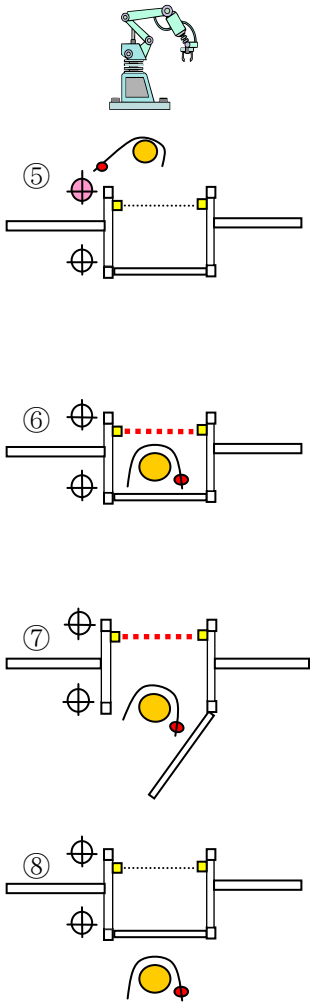
② 入場者の危険回避能力が認識され、入場許可が確認された場合のみゲートのロックが解除される。入場者はゲートを開けて中に入る。入場が許可されていない場合ゲートはロックされたままである。

③ 入場者は個人確認用空間で一旦止まり、ゲートを閉る。

この空間は人一人が入ることができる広さに限定されている。

④ 入場者は、光学式センサを横切り危険領域内に進入する。

これで入場が成立し入場者のタグ情報（氏名、危険回避能力、作業内容、入場時刻）が安全制御部の記憶装置にログとして記録される。ただしゲートが閉まっていない状態で光学式センサを横切った場合は不正に複数人が一度に入場しようとしたものとみなし、システムはロックアウトする。



（２）退場のシーケンス（図 2.1.9 参照）

⑤ 退場者は、自分のタグを退場用の RFID リーダで認識させる。システムは退場者を認識する

⑥ 退場者は光線式センサを横切り個人確認用空間に進む。システムは光線式センサの出力をトリガにしてゲートのロックを解除する。

⑦ 退場者はゲートを開いて外に出る

⑧ ゲートが再び閉じれば退場が成立し、システムは退場者の入場記録に対して退場処理を行い、ログに記録される。該当する入場記録が見つからない場合は不正入場があったとみなし、システムはロックアウトする。

図 2.1.9　退場のシーケンス

2.1.1.5　　履歴管理

入退場の履歴管理ログは安全制御部の記憶装置に記録される。このログは作業の履歴を管理するだけでなく、ガード内に在留する作業者の総数とその人物の危険回避能力、作業内容の特定に使われる。入場の履歴のみが記録され退場の記録がない場合、ガード内で作業を継続中とみなし、在留者１名と計数する。在留者が 1 名でも存在する場合、システムは外部からの機械起動をロックアウトする。すなわち、ガード内の在留者がゼロであることを機械の起動条件として用いている。

作業者名	入場時間	退場時間	従事作業	他
A	2005/3/22　17:35	2005/3/22　18:50	パーツ交換	・・・・・
B	2005/3/22　18:40	2005/3/22　19:40	ロボットメンテナンス	・・・・・
・・・・・				・・・・・

表 2.1.2　履歴管理の例

また機械の起動、停止といった二値的な制御だけでなく、中間的なモードから危険が増大する方向への変化をロックアウトすることも可能である。たとえばロボットティーチングなどは、動作速度などエネルギーを低く限定したモードで行われるが、このときも外部から誤って高エネルギーの通常運転モードへ変更されることを防止できる。

本システムはガードへの入退場の履歴に基づいて内部の残留者を検出するシステムである。その手段は光学式センサやインターロック・スイッチといった即時的な人の検出とは異なり、在留者の総数を時間にトレースするものである。したがって履歴情報の信頼性は重要な課題である。

（１）記憶装置の信頼性

停電やサージなどの不測の事態によって履歴のデータが損なわれないことが必要である。例えば記憶装置の二重化やチェックコードの定期的な診断などによって誤り検出の精度を上げることが考えられる。

（２）個別認証の確実性

ガードに入退出するすべての人が確実に認証されることが必要である。一人が認証することによって複数人が同時に入退場する、あるいはゲート以外の部分を通過して侵入するなどの不正があると履歴による残留者の把握は機能しなくなる。

本システムが危険領域（すなわちガードの内部）と安全領域（ガードの外部）の間に「個人確認用空間」というバッファを設けて単体確認をすることを提案しているのはこのためである。

2.1.1.6　安全制御部（ソフトウエア）

全体の安全制御は 2 台の PLC のソフトウエアによって行っている。現在、機械安全の目的に使われている安全 PLC のパフォーマンスでは扱う入出力信号がインターロック装置、光学式安全センサや非常停止スイッチといった即時的な非常停止入力に事実上限られる。このため、ゲート部のインターロック・スイッチ、光学式安全センサおよび非常停止スイッチのみを 1 台の安全 PLC で処理している。そのほか、RFID 読み取り装置、操作表示機、履歴の記録等はもう一台の通常の PLC で処理し、その結果を運転準備条件として安全 PLC に出力している。図 2.1.10　に安全制御のフローチャートを示す。

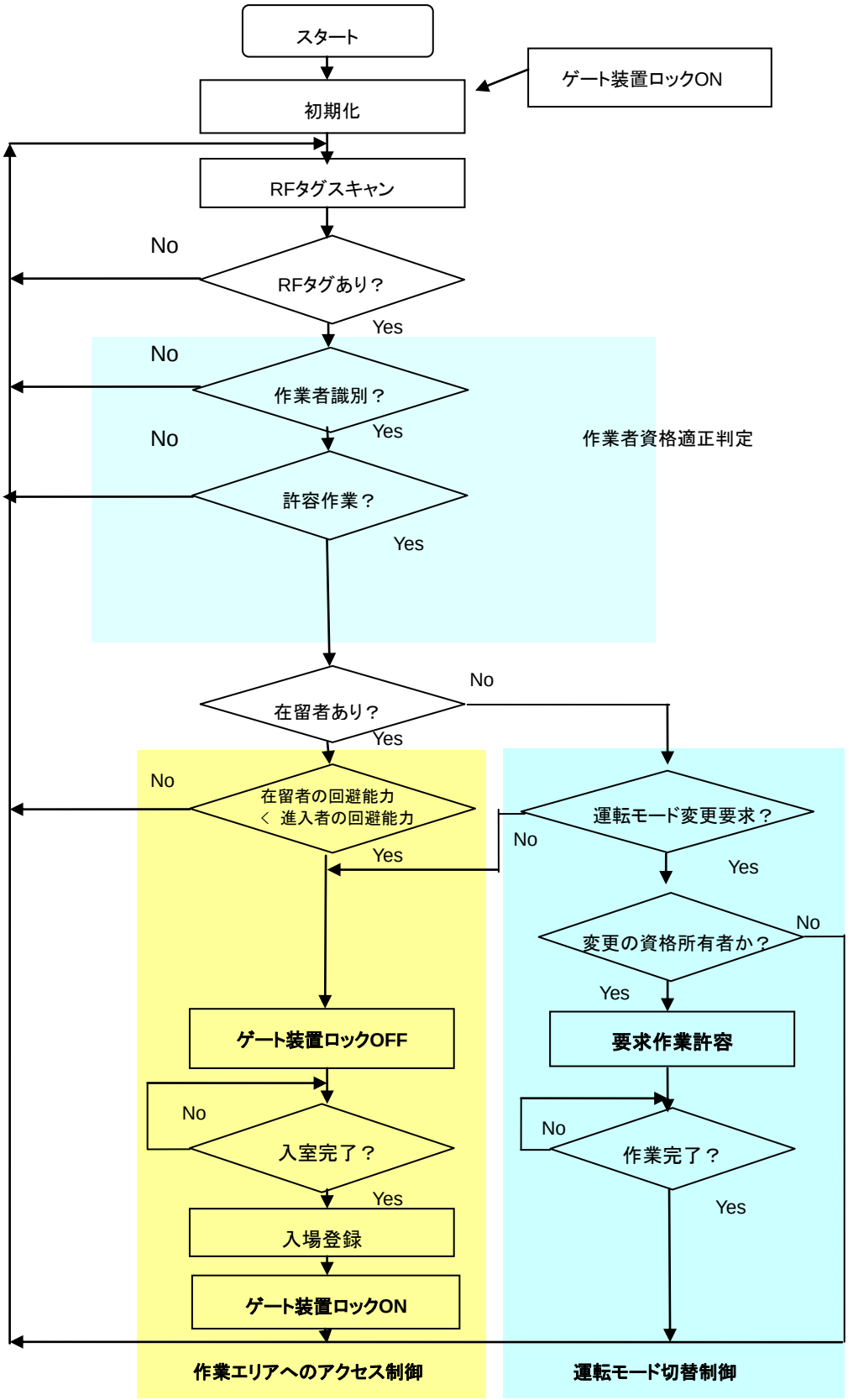


図 2.1.10　安全制御のフローチャート

2.1.1.7　検証結果

図 2.1.11　試験機の展示風景

製作した試験機を2005年11月の東京における System Control Fair に出展し、ユーザに対してその意義を訴求した。また日本国内におけるユーザ団体との交流を通じて、作業者の特定化がガードシステムの安全性向上にどの程度寄与しうるか、また生産性の面でユーザの直面する課題に対してどの程度貢献しうるかを検証した。以下にその結果を報告する。

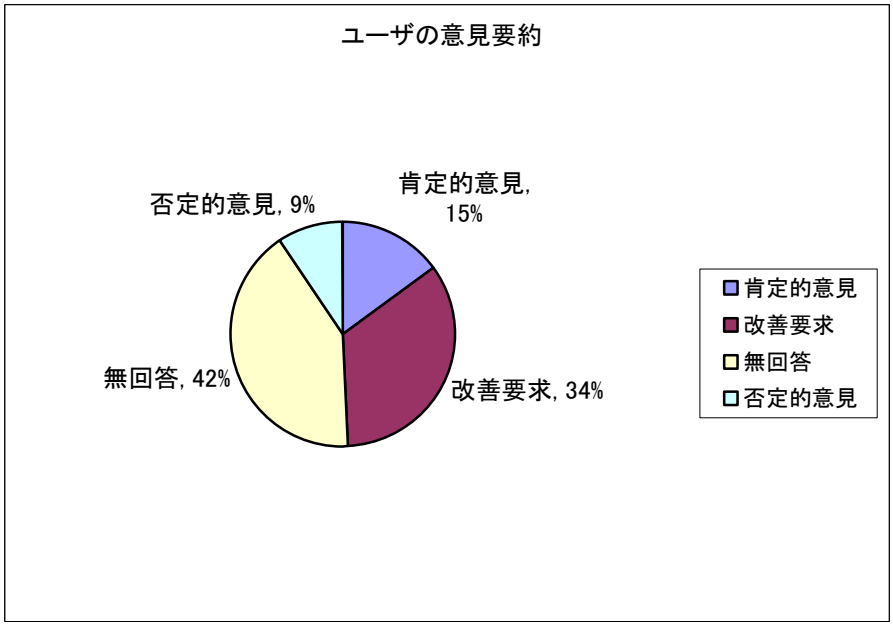


図 2.1.12
ユーザの意見要約

試験機によるロボット・セルのシミュレーションを行い、聞き取り調査を実施した結果、総数 53 名より有効な回答を得た。その結果図 2.1.12 に示すように、回答者の約半数から試験機への改善要求も含めて高い関心が寄せられた。これらの回答者が現在使用している安全機器を調べると 3 割以上がプラグスイッチを、2 割以上がロックアウト・タグアウトを使用していた。このことから 2.1.1 で想定した仮説（2）の「複数人作業の安全化」に対する関心の高さが伺える。

プラグスイッチを使用している	36%
ロックアウト・タグアウトを使用している	23%

表 2.1.3　現在使用しているデバイス

さらに聞き取ったユーザの意見の内容からキーワードとして繰り返し聞かれた

語句を数え、その関心の方向性を分析した。その結果、表 2.1.4 に示すようにパスワードへの代替手段としての高い関心が示された。これは 2.1.1 で想定した仮説（1）の「作業者の能力に応じた安全管理」とも符合している。

キーワード	関心の高さ	代表的な意見
パスワード	8%	パスワード管理が大変なのでIDはいい
教育スキル階層化	8%	工事現場や機械据付時の工事区域アクセスコントロールに使えるかもしれない

表 2.1.4　ニーズの抽出

この聞き取りの範囲では、仮説（3）の「同一空間での作業者限定による安全化」については明確に検証できなかった。その他、本試験機への改善要求の意見から、本研究の提案したシステムに対して、表 2.1.5 に示すような意見が寄せられた。特に認証手続きが簡略であることが実際に生産現場に応用する上で重要な課題であることが裏付けられた。

キーワード	関心の高さ	代表的な意見
認証手続きの簡略化	13%	進入に関して、チェックを強化する程作業者がきらうので作業者に負担のかからないシステムにしてほしい
タグの携帯方法、形状	9%	しかしタグを首からかけた使用は機械にひっかかったりして危険。
不正なアクセスに対する耐性	8%	メンテナンスのときに一人一人アクセスするのでは面倒
コスト	8%	安価にして欲しい
その他	21%	非常停止スイッチ操作などイレギュラーな処理のあとのリカバリーを改善してほしい

表 2.1.5　改善要求

2.1.1.8　課題

本研究で提案したモデルの要素ごとの課題、たとえば、

・認証の信頼性における読み取り及び書き込みの危険側誤り率の想定

・ゲートの不正な入場あるいは退出に対してのセキュリティ耐性向上

・履歴情報の解析に基づいて安全を判断する論理の体系化

などの解決はこれからの機械安全を考えるうえでも重要と考える。

2.1.1.9　結論

セキュリティの分野でも実績のある RFID による人物の認証を機械安全に応用することで、これまで低減することの難しかったケアレスミスや、作業者能力と機械の危険度の不一致による危険事象の低減を図れるという仮説は大筋として方向性は正しいと判断する。

2.1.2　ターゲット２

国際規格 ISO13851 に規定された両手操作式装置を想定し、RFID を応用することによる仮説（１）（２）を想定した。

（１）RFID を両手起動装置に応用することで作業者の人間工学的な負荷を低減できる。

（２）作業者を、安全スキルと責任範囲によって層別化することにより安全を確保できる。

など従来のメカニカルな部品で構成されたシステムでは難しかった問題点の克服とさらなる安全性の向上を実現できるという仮説をたて、これらを検証した。

従来の両手操作方式と RFID を用いた両手操作方式の比較を表 2.1.6 に示す。

	従来の両手操作式装置 （メカ式スイッチなど）	RFIDを用いた両手操作式装置
人間工学的要素	・押しボタンの操作荷重のため、繰り返し作業は肉体的負担となる ・押しボタン操作時の操作位置の精度が要求されるため、心理的ストレスになる	・非接触式のデータ通信のため繰り返し操作による作業者の疲労を軽減させることができる ・ある程度広い交信エリアがあるため位置決めのストレスがない
不正な操作に対する耐性	・2 人の作業者が押すという不正使用に対処できない。	・作業者を個別に特定できるため複数人による同時押しなどの不正使用は困難
安全管理	装置関係者以外の第 3 者でも起動可能	RFID タグを持たない第 3 者の起動不可。さらにタグを記録媒体として活用することで、 ・作業履歴の管理 ・作業者のスキルに応じた許可や制限など、装置関係者に対してきめ細かい安全管理が可能となる。

表 2.1.6　従来と RFID を用いた両手操作方式の比較

2.1.2.1　試験機の構成

試験機の構成を図 2.1.13 と表 2.1.7 に示す。

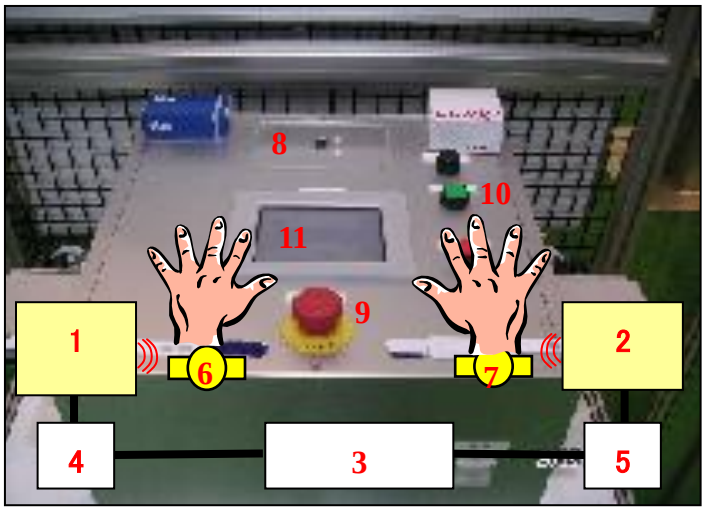


図 2.1.13 試験機の構成

1.左手用アンテナ	・作業者の左手が安全領域内にあることを検知 ・作業者の特定
2.右手用アンテナ	・作業者の右手が安全領域内にあることを検知 ・作業者の特定
3.安全制御装置	・左右両手の同時性（0.5s 以内）の確認 ・機械の起動
4,5. 左手用/右手用アンテナ I/F	・アンテナ、安全制御装置間の信号処理
6.左手タグ	・作業者の左手首に装着 ・作業者を特定する情報を記録
7.右手タグ	・作業者の右手首に装着 ・作業者を特定する情報を記録
8.ワークの着座検出用センサ	・作業者が手でワークをセット ・ワークの着座を検出し、左右のアンテナをスタンバイする
9,10.非常停止、再起動スイッチ	
11.操作表示機	・作業のシミュレーション

表 2.1.7　試験機の構成要素

2.1.2.2　安全制御部（ソフトウエア）

安全制御部のソフトウエアフローを図 2.1.14 に示す。

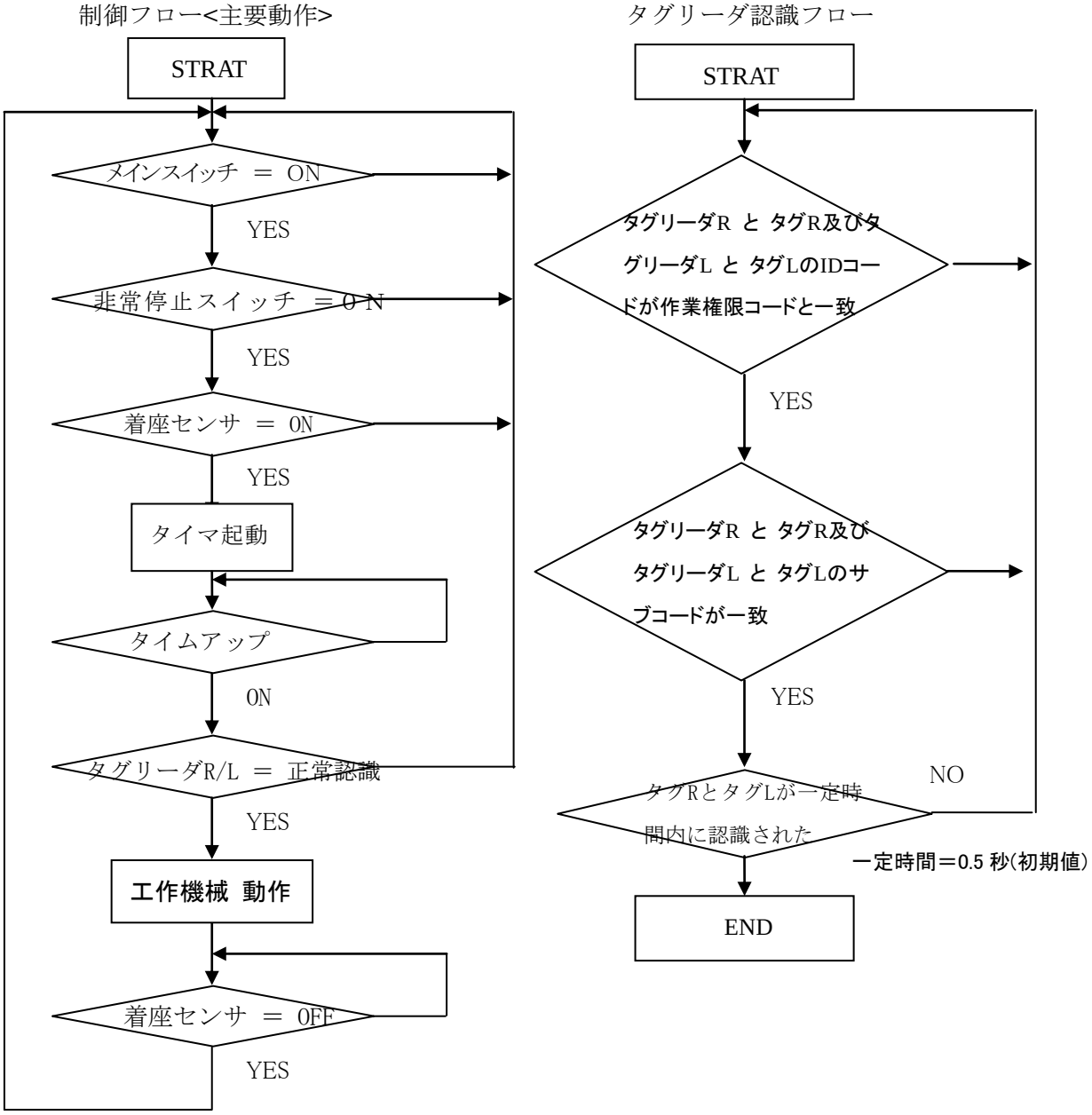


図 2.1.14　安全制御部のソフトウエアフロー

2.1.2.3　検証結果

図 2.1.15　試験機の展示風景

試験機を 2005 年 11 月の東京における System Control Fair に出展し、ユーザに対してその意義を訴求した。また日本国内におけるユーザ団体との交流を通じて、RFID を用いた両手操作装置が安全性向上にどの程度寄与しうるか、また生産性の面でユーザの直面する課題に対してどの程度貢献しうるかを検証した。以下のような代表的意見を得た。

・タグを指輪タイプにしたらどうか。
・作業者負担が軽くなる。パスワードレスができそう。
・クリック感がないのが不安である。
・使用する側のストレスがたまる

2.1.2.4　課題

検証の結果、以下の課題が判明した。

・アンテナの交信領域の安定性（危険領域へ接近する可能性の評価）
・タグとアンテナ間のデータ信頼性評価（誤認識の確率）
・タグの安定した携帯方法
・人体水分の影響
・電磁波の人体への影響
・処理スピードの累積による危険側への変化
・交信領域の不可視性からくるストレスの影響

2.1.3　ターゲット３

ターゲット３は「作業者の位置を特定し、エリアへの侵入を検知する」ことであるが、ここで最も重要なのは作業者の位置をRFIDで完全に検知できるかということである。市販のアクティブタグによるRTLS　(Real Time Locationg System)製品システムを導入し、その評価を実施した。

2.1.3.1　評価項目と評価対象

図2.1.16のような機械配置、作業エリアを想定し、RTLS を実現させるデバイスの１つとして用いられているアクティブタグRFIDシステムの電波伝搬基礎特性を下記①～③について測定した。変調方式が異なる２種類の市販のRFIDシステムを用いた。

① 通信距離

② 通信品質（単位時間当たりの受信パケット数）

③ 周囲環境の影響

使用した周波数帯および変調方式は以下である。

・送信周波数 314.950MHz、ASK方式(Amplitude Shift Keying:振幅変調)RFID

・送信周波数 314.5473MHz、FSK方式（Frequency Shift Keying:周波数変調）RFID

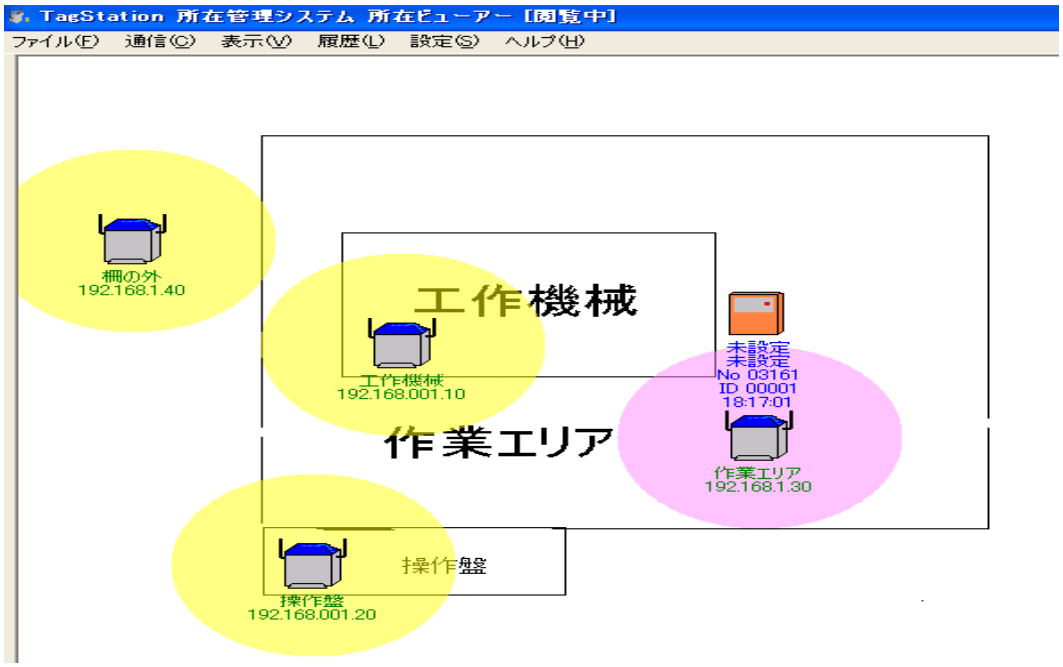


図 2.1.16　実験に用いた機械配置,作業エリア,タグリーダの配置

2.1.3.2　評価結果

① 通信距離　最大通信距離においてはASK方式、FSK方式とも大差がなかった。

② 通信品質（単位時間当たりの受信パケット数）

最大通信距離内においてはASK方式、FSK方式とも大差がなかった。

③ 周囲環境の影響　人体および金属の影響を調査した。

（１）人体の影響

A.人体が無い場合

B.タグリーダー近辺に人体がある場合

C.中央に人体がある場合

D.タグ近辺に人体がある場合

の４つの場合において実験を行った。リーダーの受信感度が高い場合には通信品質に変化は見られないが、受信感度を低くするにしたがって影響が顕著に現れる。人体が中央に存在する場合に比べて、リーダー付近またはタグ付近に人体が存在した場合に通信品質が低下することが判明した。これは人体が中央に存在する場合は電波（300MHz 帯）の回り込みにより電波が伝播すると考えられる。受信感度が最大の場合には、人体の影響を受けず、通信品質はほぼ一定である。これは人体により電界強度（=信号の振幅）が減少してもリーダー側で正しい信号を受信できるレベルであれば受信パケット数が変化しないためである。電界強度が人体（水分）の影響によって著しく減少するのと比較すると、単位時間当りの受信パケット数は影響を受けにくいパラメータであるといえる。

（２）金属の影響

A.リーダーとタグを直近に設置して金属を中央に設置した場合

B.リーダーとタグの距離を３ｍで設置して間の各点に金属を設置した場合

の２つの事例の影響を測定した。

A.　リーダーとタグの距離が直近の場合の金属の影響

リーダーとタグの距離が短く、回り込みによって電波が伝播しているためと考えられ、通信品質の減少は見られなかった。

B.リーダーとタグの距離が長い場合の金属の影響

リーダーとタグの距離が長い場合（３m）の金属の影響を調査した。FSK方式の場合、リーダー近辺に金属を配置した場合に全く交信しなくなったが、ASK方式の場合では通信品質の影響が見られなかった。

（１）と（２）の結果、いずれも通信品質の評価や距離の推定に用いられる単

位時間当りの受信パケット数が、電界強度と比較して周囲の影響を受けにくいパラメータであることを示している。

2.1.3.3　RFID の位置検出機能における考察

以上の調査から RFID の位置検出機能について以下のように考察した。

位置検知に関しては、信号強度の変化等によって距離を測定し、位置を推定することは可能であるが、信号強度は周囲の環境（ex. 金属による反射、水分による吸収）や、タグとリーダーの向きによっても変化する。

作業エリアには金属（作業機械、ガード）や水分（作業者）など、信号強度を左右する要素が多数存在するため、位置検知は非常に限定的になる。

表 2.1.8 に RFID の位置検出適用における評価をまとめた。この評価結果から、RFID システムを人体の検知による安全防護に直接応用するには課題が多すぎると判断した。ただし RFID を補助的に用いて、安全管理のための手段、あるいは起動条件に応用することは可能であると考える。前項 2.1.1　ターゲット 1「アクセスの安全化」および 2.1.2　ターゲット 2「起動・再起動の安全化」には有効であると考える。

評価基準			評価	注
位置の検出領域			○	複数アンテナにより可能(微弱電波の範囲内)
検出精度			○	ソフトウエアによる解析
信頼性	故障モード	アンテナ	×	危険側故障の可能性あり
		タグ	×	危険側故障の可能性大
	自己診断による故障モードカバーの可能性	アンテナ	△	マスタータグとの組み合わせにより検出可能と思われる(未検討)
		タグ	×	タグの電池出力低下の場合 Comom Cause Failure となりカバー困難
	冗長化による故障モードカバーの可能性	アンテナ	△	評価製品にはないが、チャンネル二重化などで可能と思われる(未検討)
		タグ	×	タグ電源低下などの場合 Comom Cause Failure となりカバー困難
	耐環境性	周囲金属	×	影響大
		水分	×	影響大(人体など)
	外部への干渉		×	回り込みのため遮蔽が困難
無効化への耐性			×	タグの不所持により容易に無効化可能
国際規格との整合性			×	314MHz (ISO 18000 シリーズとの整合なし)

表 2.1.8　RFID の位置検出適用における評価

参考文献

[1] ISO12100 : [2003]Safety of machinery -- Basic concepts, general principles for design --

[2] ISO14121 :[1999] Safety of machinery -- Principles of risk assessment

[3]OHSAS18001:[1999] Occupational health and safety management systems-Specification

[4] ISO13851 [2002] Safety of machinery -- Two-hand control devices –

[5] ISO18000-3[2008] Information technology—Radio frequency Identification for Item management—Part 3:Parameters for interface communicaton at 13.56 MHz

2.2　活用研究の調査 2

危険点近接作業の災害防止戦略に関する基礎的考察　-危険点近接作業の災害防止条件の解明と木材加工機械への適用-

2.2.1　はじめに

（独）労働安全衛生総合研究所　機械システム安全研究グループの RFID 活用研究状況を調査した。機械作業の中には，作業者が機械の可動部を停止させずに，可動部に近接した状態で行う運転確認，調整，加工，トラブル処理，保守・点検，修理，清掃，除去などの作業がある。本研究では，これらを危険点近接作業[1)]と呼んでいる。この作業に関連した労働災害は，平成 17 年に報告した中間報告書[2)]での分析結果によれば，産業機械による死亡労働災害（事故の型が「挟まれ・巻き込まれ」と「激突され」に限る）の 44.2%を占めている。したがって，この作業に対する適切なリスク低減戦略を確立できれば，労働災害の大幅な減少が期待できる。このため，本研究では，危険点近接作業を対象としたリスク低減戦略の検討を進めてきた[1)]。しかし、平成１７年に公表した中間報告ではリスク低減戦略の全体像を解明できたものの、危険点近接作業固有の災害防止条件を解明するには至らなかった。このため、平成１８年以降の研究では、これまで不十分であった危険点近接作業固有の災害防止条件の解明を進めた。また、この検知を利用して、危険点近接作業の典型例である丸のこ盤で行う作業を対象とした保護装置の開発を進めた。以下、この研究の概要を述べる。

2.2.2　危険点近接作業を対象とした保護方策

2.2.2.1　災害防止の基本式

一般に，機械災害は人体と機械の可動部が誤って接触し，かつ，このときに機械の可動部から人体に対して所定の値を越えたエネルギが誤って伝達したときに発生する。したがって，機械災害を防止するには，作業者の作業領域と機械の可動部の動作領域が重ならないようにするか（以下「空間条件」と呼ぶ），または，人体と機械の可動部が接触したときに機械の可動部から人体に対して伝達されるエネルギを所定の値以下とする（以下「エネルギ条件」と呼ぶ）ことが必要十分条件となる。

この関係は，作業者の作業領域をHs(表 2.2.1 参照)，機械の可動部の動作領域

をMs(表 2.2.1 参照)で表し,人体と機械の可動部の接触があった場合に機械の可動部から人体に対して伝達されるエネルギの最大値をE_W，人体に傷害を及ぼさないことが確認できているエネルギの最大値をε_Hとすると，次式で表すことができる[1)]。

$$Hs \cap Ms = \phi \quad or \quad E_W \leqq \varepsilon_H \qquad (1)$$

(1)式は，作業者と機械の可動部が共同作業領域を持たないか(Hs∩Ms＝φ)，または機械の可動部から人体に対して伝達されるエネルギが人体に傷害を及ぼさないほど小さいとき（$E_W \leqq \varepsilon_H$）に，災害が防止できることを示している。この式を災害防止の基本式と呼ぶ。ただし，「∩」は領域の積，φは空領域を意味する記号である。

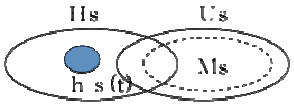
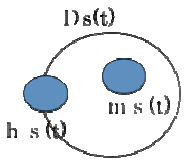
2.2.2.2　人間機械協調システムにおける災害防止条件

(1)式を満足させるには，エネルギE_Wを人体に傷害を及ぼさない大きさに制限するか（$E_W \leqq \varepsilon_H$），または領域Hs とMs を空間的に分離した上で固定すればよい（Hs∩Ms＝φ）。しかし，実際の機械作業では，機械の段取り，トラブル処理，保守・点検，修理，清掃などの作業が存在するために，作業者の作業領域はHs 内のすべての領域に及ぶ可能性がある。

このとき，(1)式のHs∩Ms＝φは常に満足できない。そこで，領域Hs に代えて，時刻ｔにおいて作業者が現に存在している領域をｈｓ(t)で表すと，Hs∩Ms＝φは次のように変更できる。

$$\forall t : \quad hs(t) \cap Ms = \phi \qquad (2)$$

ただし，「∀t」はすべてのｔを意味する記号である。

保護方策区分	類型		災害防止条件		関係図
0	エネルギの制限		$E_W \leqq \varepsilon_H$		該当なし
1	領域の分離		Hs∩Ms＝Φ		
2a	早期回避 （接触回避）		・hs(t)∩Us＝φのとき W(t)＝1 ・hs(t)∩Us≠φのとき W(t)＝0		
2b	直前回避 （可動部の停止）				
3a	危険点近接	可動部の移動速度の抑制	・hs(t)∩Ds(t)＝Φのとき W(t)＝1	$\int_{t_0}^{t_0+\Delta t} vH(t)dt \quad \varepsilon$	
3b		人体の移動速度の抑制	・hs(t)∩Ds(t)≠Φのとき W(t)＝0	$L-\int_{t_0}^{t_0+\Delta t} vH(t)dt > c$ $\int_{t_0}^{t_0+\Delta t} vH(t) < c$	

vm(t)：時刻ｔでの機械の可動部の移動速度，vH(t)：作業者の手指の移動速度，c：人体の生ずる危険を回避するために ISO13854に規定された最小隙間，ε：時刻ｔにおける手指の位置と機械の可動部の動作領域間の直線距離（運動距離）

表2.2.1　保護方策区分の類型と災害防止条件

(2)式を満足できる方策に早期回避がある。これは，危険事象である人間と機械の接触を早期に予測して回避する方策である。

しかし，実際には，危険事象は常に早期回避できるとは限らず，危険事象を直前で回避しなければならない場合も考えられる。このとき，危険事象の予測と回避の失敗は許されないから，直前回避策では安全確認形インタロック[3)]などの確定的な保護方策によって可動部を確実に停止させなければならない。

この関係は，時刻ｔにおける機械の可動部への運転命令を意味する２値論理変数をW(t)で表し，運転実行命令をW(t)＝１，運転停止命令をW(t)＝０とすると，次式で表すことができる。

$$h_s(t) \cap Ms = \phi \text{ のとき } W(t) = 1 \qquad (3)$$

$$h_s(t) \cap Ms \neq \phi \text{ のとき } W(t) = 0 \qquad (4)$$

(4)式では，機械は瞬時に停止すると仮定している。しかし，実際には，機械の停止にはある程度の時間を必要とする。そこで，停止に要する時間を⊿ｔBで表し，⊿ｔBの間に作業者が移動する可能性のある領域をUs’で表し，領域Us’と領域Msの和を領域Usとすると（図 2.2.1 参照），(3)式と(4)式は次のように変更できる。

$$hs(t) \cap Us = \phi \text{ のとき } W(t) = 1 \qquad (5)$$

$$hs(t) \cap Us \neq \phi \text{ のとき } W(t) = 0 \qquad (6)$$

以後，領域Usを危険区域と呼ぶ。

2.2.2.3　危険点近接作業の災害防止条件

実際の機械作業では，作業者が機械の可動部を停止させずに，可動部に近接して行う危険点近接作業がある。この作業の多くは，作業者が領域Us内に進入して行う。このとき，$hs(t) \cap Us \neq \phi$ となるから災害を防止できない可能性がある。そこで，このときの災害防止条件を一般的に示すために，時刻tにおいて機械の可動部が現に存在している領域を$ms(t)$で表すと，(3)式と(4)式は次のように変更できる。

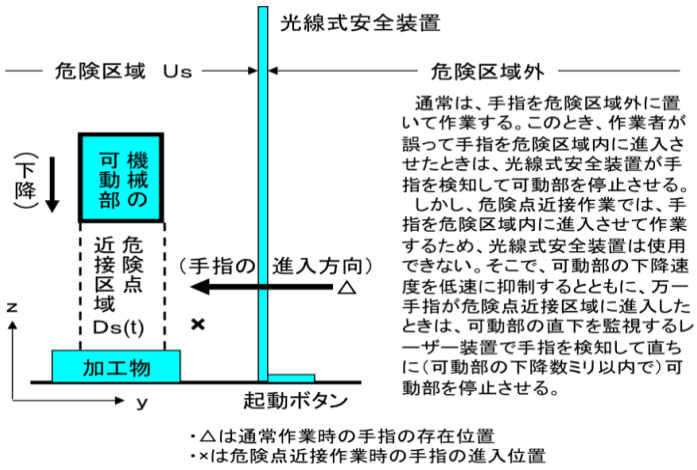


図2.2.1　危険区域と危険点近接区域

$$hs(t) \cap ms(t) = \phi \text{ のとき } W(t) = 1 \qquad (7)$$

$$hs(t) \cap ms(t) \neq \phi \text{ のとき } W(t) = 0 \qquad (8)$$

ここで，(5)，(6)式と同様に機械の停止に要する時間を⊿tBで表し，⊿tBの間に機械の可動部が移動する可能性のある領域を$Ds'(t)$で表し，領域$Ds'(t)$と領域$ms(t)$の和を領域$Ds(t)$とすると（表2.2.1参照），(7)式と(8)式は次のように変更できる。

$$hs(t) \cap Ds(t) = \phi \text{ のとき } W(t) = 1 \qquad (9)$$

$$hs(t) \cap Ds(t) \neq \phi \text{ のとき } W(t) = 0 \qquad (10)$$

以後，領域Ds(t)を危険点近接区域と呼ぶ。

図 2.2.1 に，危険点近接区域の意味を示す。この図では，検討を簡単にするために，機械の可動部はプレス機械のスライドのように直線運動（図 2.2.1 のｚ方向）を行い，手指は機械の可動部の運動方向に対して直角に（図 2.2.1 のｙ方向から）接近するものと仮定する。図で，災害を防止するには次のいずれかの条件を満足する必要がある。

(a) 作業者の手指が機械の可動部の直下に到達する前に，機械の可動部が停止する。

(b) 作業者の手指が機械の可動部の直下に進入した場合でも，人体を圧砕しない隙間ｃを残して機械の可動部が停止する。

ここで，時刻ｔにおける機械の可動部の移動速度を $v_M(t)$，作業者の手指の移動速度を $v_H(t)$，機械が制動を開始する時間をｔ0，機械の停止に要する時間を⊿ｔBとすると，災害防止の条件は次式で表現できる。

$$\int_{t0}^{t0+\Delta tB} v_M(t)dt \ll c \qquad (11)$$

$$\int_{t0}^{t0+\Delta tB} v_H(t)dt < e \qquad (12)$$

ただし，ｃは人体の圧砕危険を回避するために IS013854[4)]（機械の安全性―人体各部の圧砕の危険を回避する最小の間隔）に規定された最小隙間である。また，ｅは時刻ｔ0における手指の位置と機械の可動部の動作領域間の直線距離を意味する（図 2.2.1 参照）。以後，これを離隔距離と呼ぶ。

2.2.2.4　保護方策の類型化

表 2.2.1 は，危険点近接作業の存在を考慮して保護方策を類型化した結果である．以後，これを保護方策区分と呼ぶ。以下，各区分を説明する[1)]。

① 保護方策区分０（エネルギの制限）

この区分では，機械の可動部が持っているエネルギを人体に危害を及ぼさない大きさに制限する（$E_W \leqq \varepsilon_H$）。

② 保護方策区分１（領域の分離）

この区分では，作業者の作業領域と機械の可動部の動作領域を空間的に分離した上で固定する（Hs∩Ms＝φ）。

③ 保護方策区分２（回避または可動部の停止）

この区分では，人間と機械の接触を早期に予測して回避する早期回避策が基本である（表 2.2.1 の 2a 参照)。しかし，実際には，危険事象を直前で回避する直前回避策を適用しなければならない場合も考えられる。

この直前回避策では，協調制御の状態を安全確認型インタロック[3)]で常時確認し，安全（この場合は協調制御が失敗してないこと）が確認できないときは可動部の運転を開始させないか，または直ちに可動部を停止させる。このときの停止の形態には IEC60204-1[5)]によれば次の３種類がある（図 2.2.2 参照)。

(a) 区分 2b0（停止カテゴリー0)

機械可動部への電力供給を直接遮断することによる停止（非制御停止)。

(b) 区分 2b1（停止カテゴリー1)

機械の可動部を電力制御（回生制動など）で停止させた後に，電力供給を遮断する停止。

(c) 区分 2b2（停止カテゴリー2)

停止後も機械の可動部に電力を供給したままにする制御停止。別途，停止を維持していることを常時監視（モニタリング）する装置が必要である。

④ 保護方策区分３（人や可動部の移動速度の抑制）

この区分は，人間と機械が近接して作業を行なう危険点近接作業を対象とする。具体的には次のものがある。

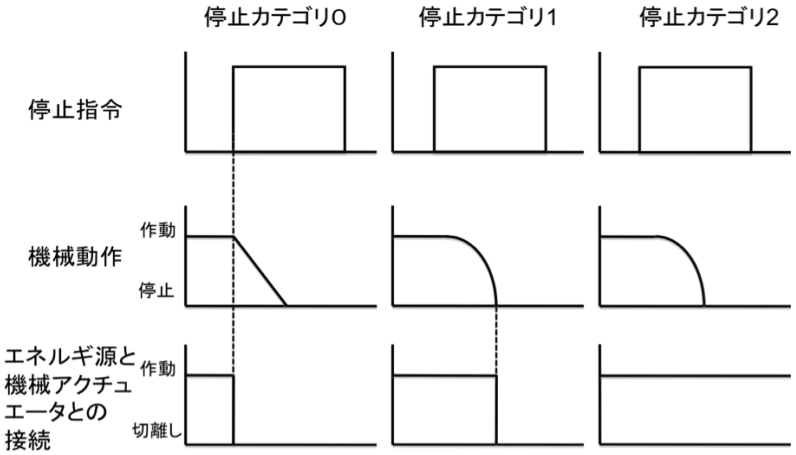


図2.2.2 停止の形態

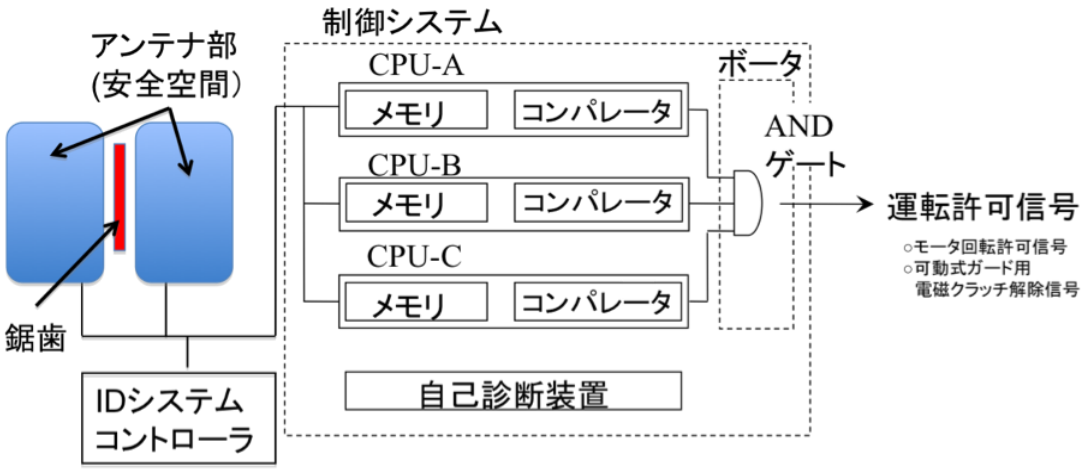


図2.2.3　木工機械用装置の基本構成図

(a) 区分 3a（可動部の移動速度の抑制）

機械の可動部の移動速度を抑制する保護方策によって災害を防止する。具体的には，(11)式を満足させる制御を行なう。

(b) 区分 3b（人体の移動速度の抑制）

人体の移動速度を抑制する保護方策によって災害を防止する。具体的には，(12)式を満足させる制御を行なう。

2.2.3　危険点近接作業を行なう丸のこ盤の保護装置

危険点近接作業を対象とした安全システムの具体例として，開発した丸のこ盤の保護装置を述べる。これは区分 3b の保護方策区分が該当する。なお，保護方策区分 3a が適用できる典型例には，プレスブレーキで行う危険点近接作業が該当する。この詳細は別途報告の予定でいる[6)]。

2.2.3.1　基本構成

丸のこ盤による作業では，作業者が木材を両手で保持しながら回転する鋸歯（危険点）に手指を近接させた状態で木材加工を行なう。この作業では，木材だけが存在しているときは鋸歯の回転を許可するが，作業者の手指が回転する鋸歯と接触しそうになったときは直ちに鋸歯を停止させる保護装置が必要である。しかし，現状では，人体と木材を識別できる適当な保護装置は存在しない。また，鋸歯の停止にはある程度の時間を必要とするために，保護装置もこの点を考慮した構成が必要となる。このため，本研究では，当所で新たに考案した

回転式の接触防止ガードと，RFID 技術を活用した人体検知装置を併用することによって，以上の問題の抜本的な解決を試みた。

図 2.2.3 に，開発した装置の基本構成図を示す。

図 2.2.4 は本装置の外観である。以下に具体的特徴を示す。

① 木材を切断している部分以外の鋸歯を回転式の可動式ガードで覆う。

② 作業者の手指に IC タグを装着し，この存在をループコイルで検知する。この結果に基づいて作業者の手指が安全空間内（図 2.2.3 及び図 2.2.4 参照）に存在しているか否かを常時確認する。

③作業者の手指が安全空間内にあると確認できたときは，電磁ブレーキを開（オン）として可動式ガードのロックを解除する。このとき，作業者が木材を送給して行くと，可動式ガードも回転しながら移動して行くので，木材加工が可能となる。

④ 作業者の手指が安全空間内にあることが確認できないときは，直ちに電磁ブレーキを閉（オフ）として可動式ガードをロックする。このとき，ガードはロックされるので手指が鋸歯と接触することはない。

⑤ ④の後に鋸歯を所要の時間をかけて停止させる。以上のような構成とすれば，高速で回転している鋸歯を瞬時に急停止させずに，作業者の安全を確保することが可能となる。従来，木材加工用機械の災害防止対策では，惰性で回転する鋸歯を瞬時に急停止させるために，様々な急停止機構が研究されてきた。

しかし，高速の鋸歯を瞬時に急停止させるのは困難であり，本研究で提案したように急停止を行なわないで災害を防止できる方策が必要と考える。

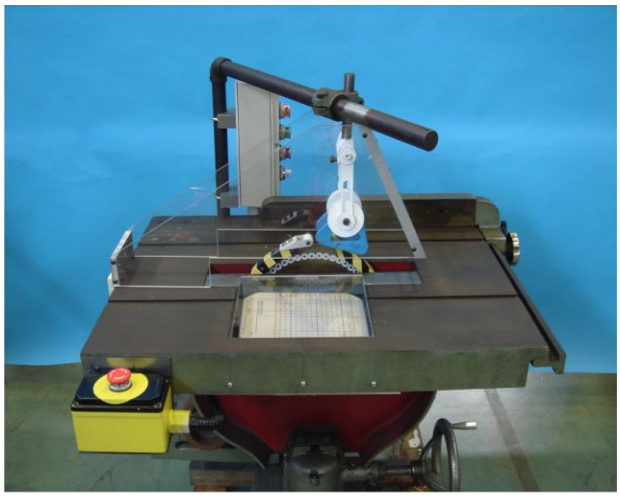


図2.2.4 木工機械用安全システム

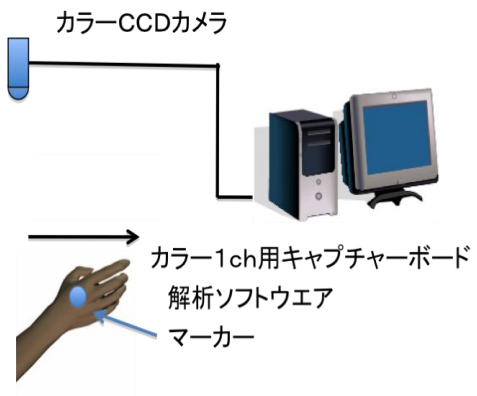


図2.2.5 実験装置の構成図

2.2.3.2 手指の移動速度に関する災害防止条件の検証

前節で示した方策を適用する場合，手指の移動速度を ISO13855 [7] にしたがって 2.0m/sec として安全距離を計算するのが一般的である。この値は，あくまでも手指が高速で移動しているときの速度に相当する。

これに対し，仮に手指が停止している状態から動き出した直後であれば，手指の移動速度は 2.0m/sec まで到達しない可能性がある。この状態で区分 3b の災害防止条件である(12)式を満足できれば，作業者の安全を確保できる。そこで，次に，この条件を満足できるかを実験によって検証した[8]。

図 2.2.5 に，本研究で使用した実験装置の構成図を示す。本装置は，カラーCCD カメラ，カラー1ch 用のキャプチャーボード，解析用ソフトウェア，作業者の手指に取り付けたマーカーから構成される。図 2.2.6 に，本装置の外観を示す。

実験は，被験者が手指を初期位置に一旦停止させた後，手指を可能な限り迅速に移動してもらい，このときの手指の移動過程を CCD カメラで観測するという方法で実施した。この結果を動画計測・解析ソフトウェアで解析し，手指が移動を開始してから 2 秒後までの移動速度を測定する。

表 2.2.2 に，手指の移動速度の測定結果を示す。表からも明らかなように，手指が動き始める時刻 t_1 から 50msec だけ経過したときの手指の移動速度は 0.03m/sec であり，これは ISO13855 に記載された 2.0m/sec と比較してきわめて小さい。

したがって，可動式ガードが閉じるまでの時間（停止信号発生から，実際にガードが閉じるまでの時間）Δt_B を 50msec とすれば，危険点近接距離は約 1ｍｍとなり，あきらかに(12)式を満足する。したがって，機械の可動部にきわめて近接した状態で危険点近接作業を行なうことが可能となる。

2.2.3.3 監視空間のユネイト性の検証

ループコイルで監視を行なう空間（以下「監視空間」と呼ぶ）の検証結果を述べる。本装置では，人体が安全空間内に存在しなくなったときは確実に可動式ガードをロックできるように，監視空間が安全空間内に収まっていなければならない。

ここで，安全空間をＳ，監視空間をM_L（左側）及びM_R（右側）とすると，以上の関係は次式で表すことができる。

$$S \supseteq M_L \quad \text{かつ} \quad S \supseteq M_R \qquad (13)$$

ただし，記号「Ａ⊇Ｂ」は空間Ｂが必ず空間Ａに含まれる関係を

意味する記号である。以後，これを空間的にユネイトな関係と呼ぶ。ここで，ユネイトとは論理数学の分野で使われる関係であり，Aのときも Bとは限らないが Bのときは必ず Aとなる論理的関係を A≧B で表す。

実際のループコイルが形成する監視空間は，上記式(13)を満足できず、ユネイト性を満足できない。そこで，ユネイト性を満足できる空間を構築するために，電磁界解析ソフトウェア JMAG を用いてシミュレーション解析を行なった。具体的には,ループコイルの設置位置を図 2.2.7 に示すように TOP,BOTTOM,FREE の 3 位置に配置して比較検討を行なった。表 2.2.3 に，シミュレーション実行時の解析条件を示す。図 2.2.7 で部材Aは工作台であり，アクリル板を使用した。また，部材B，C及びDは電磁シールド用金属板であり，鉄（材質 SS400，高さ 63mm，幅 445mm，奥行き：332mm、厚さ 0.5mm）を使用した。

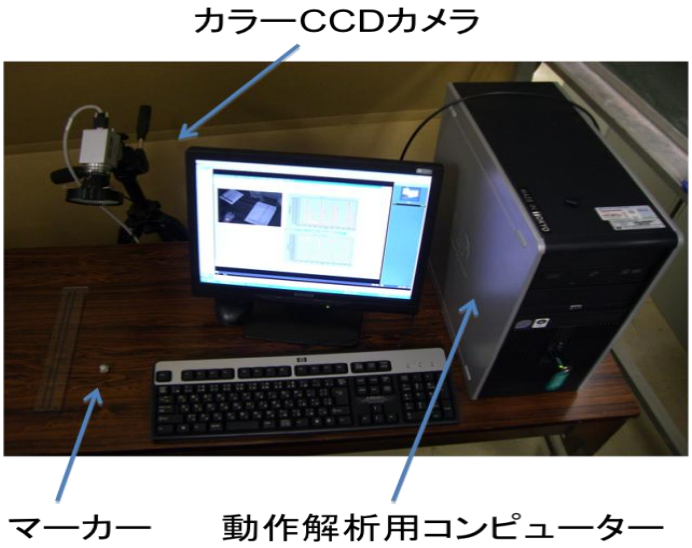


図2.2.6　実験装置の外観

各モデルの意味は次のとおりである。

① TOP モデル

部材A（アクリル板）の直下にループコイルが配置されているとして解析を行なう。

② BOTTOM モデル

部材D（電磁シールド用金属板）の上にループコイルが配置されているとして解析を行う。

③ FREE モデル

BOTTOM モデルで電磁シールド用金属板を設置していないと仮定して解析を行なう。

時間(msec)	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
速度(m/sec)	0	0.03	0.08	0.15	0.18	0.38	0.55	0.78	0.97	1.56	1.22

表2.2.2　手指の移動速度の測定結果

解析タイプ	3次元周波数応答磁界解析
解析手法	FEM
場の収束計算パラメータ	加速係数：自動設定 最大反復回数：5000 収束トレランス：1.000e-008
非線形反復計算手法	ニュートン・ラプソン反復
非線形反復計算パラメータ	減衰係数：使用 最大反復回数：15 収束トレランス：0.001

表2.2.3 シミュレーションの解析条件

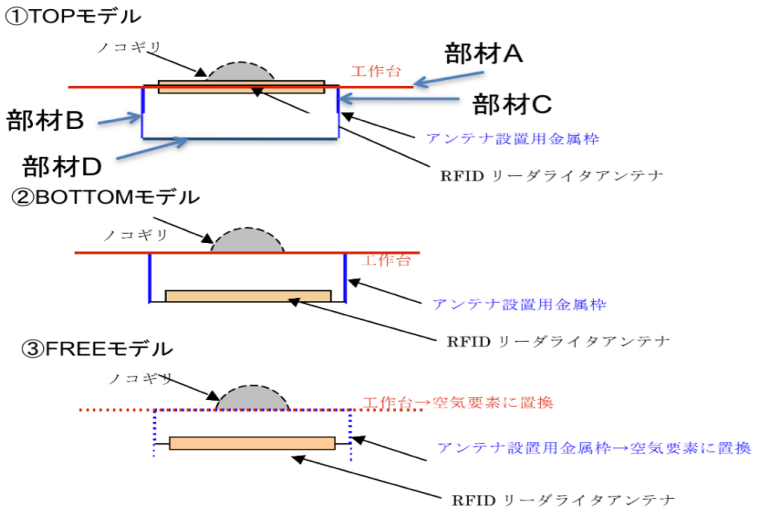


図2.2.7 ループコイルの設置位置

図 2.2.8 に，それぞれのモデルに対する磁界強度分布を示す。この結果より，TOP モデルや FREE モデルでは磁束の漏れが影響して監視空間が安全空間内に収まらないことが分かる（図 2.2.8 のイ及びロの矢印参照)。これに対し，BOTTOM モデルでは，金属遮蔽板の影響によって磁束が確実に遮蔽され，監視空間が安全空間内に収まることが確認できた（図 2.2.8 のハの矢印参照)。以上より，ループコイルの配置を BOTTOM モデルとすれば監視空間の適切な設計が可能になると考えられる。

そこで，次に，以上の各モデルに対して，ループコイルを使って実際の監視空間を構築した。図 2.2.9 は，そのときの実測結果である。BOTTOM(電磁シール

ド板の高さ h=32mm)モデルでは磁束の漏れの影響を回避できるため,監視空間は安全空間内に収まることが確認できた。これに対し，TOP(h=0mm)では磁束の漏れが発生するために，監視空間は安全空間内に収まらない。以上より，BOTTOMモデルだけがユネイト性を満足できる。

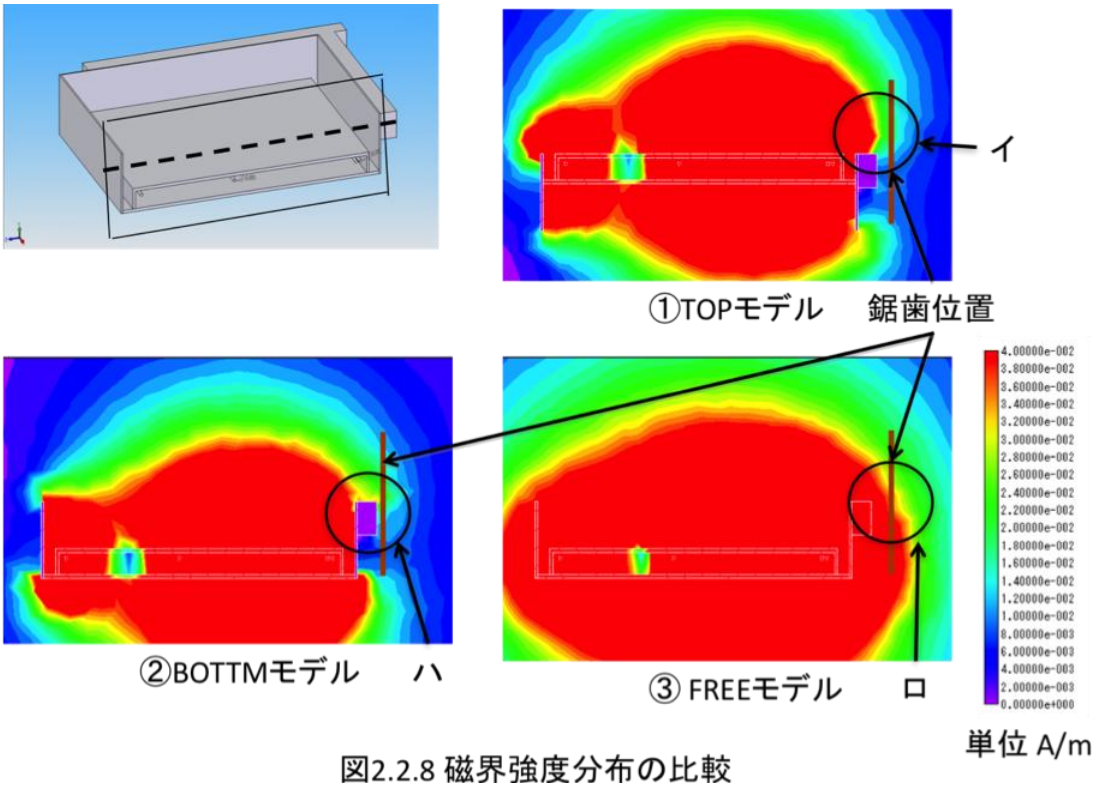


図2.2.8 磁界強度分布の比較

2.2.4　考察及び今後の方向性

機械作業の中には，作業者が機械の可動部を停止させずに，可動部に近接した状態で行う危険点近接作業がある。この作業に関連した労働災害は，産業機械による死亡労働災害（事故の型が「挟まれ・巻き込まれ」と「激突され」に限る）の 44.2%を占めている。したがって，この作業に対する適切なリスク低減戦略を確立できれば，労働災害の大幅な減少が期待できる。このため、本研究では，危険点近接作業を対象に災害防止条件の解明を進めた。また，この知見を利用して，危険点近接作業の典型例である丸のこ盤で行なう作業を対象とした保護装置の開発を進めた。これにより得られた結果は次のとおりである。

① 危険点近接作業の災害防止条件には，可動部の移動速度の抑制（区分 3a）と人体の移動速度の抑制（区分 3b）の２種類がある。このときの災害防止条件を(11)式及び(12)式に具体的に示した。

② 区分 3b に該当する装置として，丸のこ盤で行なう危険点近接作業を対象とした保護装置を開発した。この装置は，回転式の接触防止ガードと，RFID 技術を活用した人体検知装置を備えている。なお，第 2.2.3.2 節で述べた人体の移動速度に関する実験は，今後，多数の被験者を使った実験的検証も予定している。また，本研究で得られた成果については，国際規格化も視野に入れた提案を推進して行くのが課題である。

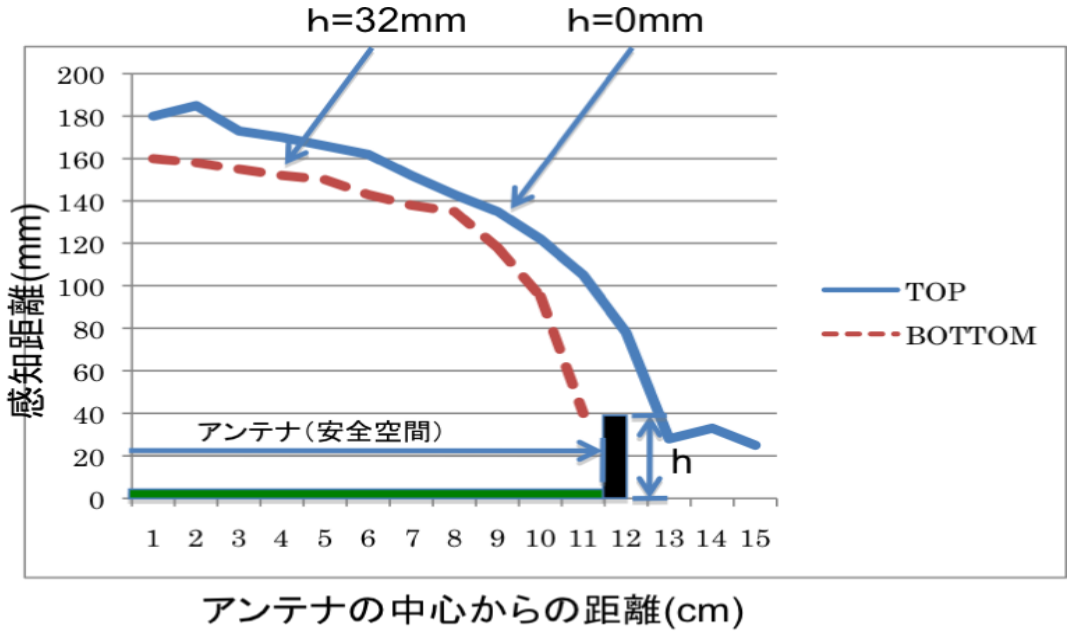


図2.2.9　監視空間の実験結果

参考文献

1) 梅崎重夫・清水尚憲，危険点近接作業を対象とした災害防止戦略の提案，日本機械学会関東支部ブロック合同講演会予稿集，(2004-9)，285-286

2) 梅崎重夫・清水尚憲，産業機械の労働災害分析，産業安全研究所特別研究報NIIS-SRR-No.33，(2005)，53-68

3) 杉本旭・粂川壮一・深谷潔・清水尚憲・梅崎重夫・池田博康・芳司俊郎・蓬原弘一，安全確認型安全の基本構造，日本機械学会論文集，54-505，C (1988)，2284-2292

4) ISO13854, Safety of machinery - Minimum gaps to avoid crushing of parts of the human body (1996)

5) IEC60204-1, Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements (2005)

6) S. Umezaki and S.Shimizu, Development of safetysystem for press brake, 5th International Conference of Industrial Automated Systems, Tokyo, Japan(2007)

7) ISO13855, Safety of machinery - Positioning ofprotective equipment with respect
tothe approach speeds of parts of the human body (2002)

8) 清水尚憲・梅崎重夫，危険点近接作業における災害防止条件の解明，日本機械学会茨城講演会 (2008) 181-182

第３章　欧州の安全関連機関における研究開発実態調査

安全先進国ドイツにおける安全分野の RFID 活用に関する新規技術開発動向を安全に関する研究機関および会社を訪問して調査を行った。

3.1　欧州における安全制御機器の最新動向調査

欧州における安全制御機器の最新動向調査を行うために、主要メーカにヒアリングを実施した。ヒアリングは２００８年１１月２５日～２７日にドイツのニュルンベルグで開催されたSPSI/IPC/DRIVE展示会を機会としてとらえ実施した。

本展示会は産業オートメーションの中核機器である最新の技術と制御機器を中心に公開する展示会で、当然ながら安全機器の展示も世界一の規模を有している。調査した結果は以下である。

① フィールドネットワークやリアルタイムイーサネットなどの有線の通信だけでなく、無線通信、特に工場内での無線通信の需要に対して取り組みを開始している。

② RFIDは単なる無線の利便性だけでなく既存の安全技術では実現が困難な作業者の特定化が可能であり、またユニークなIDを持ち、偽造が困難なことから作業現場での安全機能の無効化防止を行うことができる主要な手段となりうる。

③ 安全信号を無線でやりとりする安全無線通信に取り組んでいるメーカも存在し、日本国内でも無線化が進むに際しての重要なポイントであり、RFIDと共に安全先進国のドイツの技術状況を継続して把握していく必要性がある。

④ RFIDをティーチングペンダントや非接触安全スイッチなどの安全製品に応用している事例もあった。

以下、何点か注目したトピックスを紹介する。

3.1.1　KEBA 社における RFID の安全分野への活用事例

KEBA 社には RFID を使ってユーザーを特定するシステムとして図 3.1.3 の様なスタンドアローンのタイプと機械設備や表示デバイスに組み込んで使用する組込みタイプのものがあり、それぞれにシリアルインタフェイスの Classic タイプと USB インタフェイスの ECO タイプがある。組込みタイプのものを使用した製品として、KEBA 社のブースには図 3.1.1 のような HMI パネルが出展されていた。

いずれも RFID を使用する目的は作業を始める前に操作者を特定し、資格を持った操作者に操作を限定するため、および操作者の履歴を管理するためである。

図 3.1.1 HMI パネル（KEBA 社）

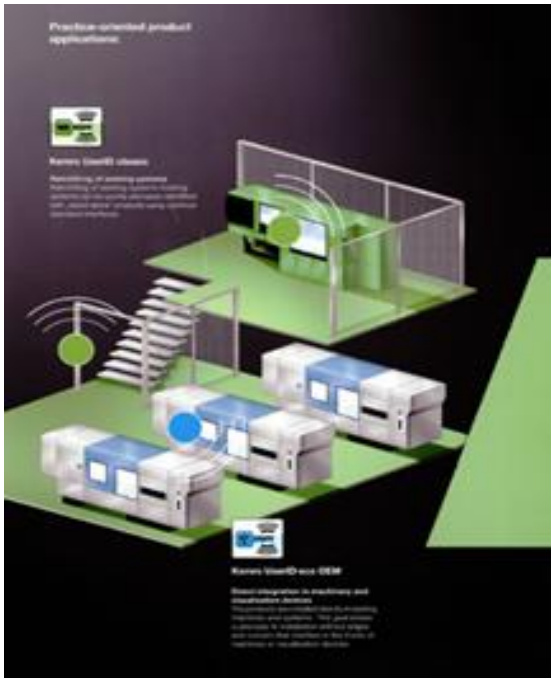


図 3.1.2
アプリケーション例
（KEBA 社カタログ抜粋）

図 3.1.3 製品シリーズ（KEBA 社カタログ抜粋）

3.1.2　EUCHNER 社における RFID の安全分野への活用事例

安全のアプリケーションに使用するには、危険時に電源を遮断するための２重化された出力が必要である。製品として、図 3.1.4 の RFID を使った電子キーが EUCHNER 社から出展されていた。この製品は電子キーがアダプタに入っていない、もしくは電子キーを正常にリードすることができない場合に、図 3.1.5 のように電源を遮断するための 2 重化された出力を持っている。

ただし、この製品自体は国際安全規格を満たしていないため、他の保護方策で安全を確保する必要があるとのことであった。安全システムで使用する際、ＩＤデータが書換えられたときに検出できない問題が残っている。

図 3.1.4　電子キー（EUCHNER 社　カタログ抜粋）

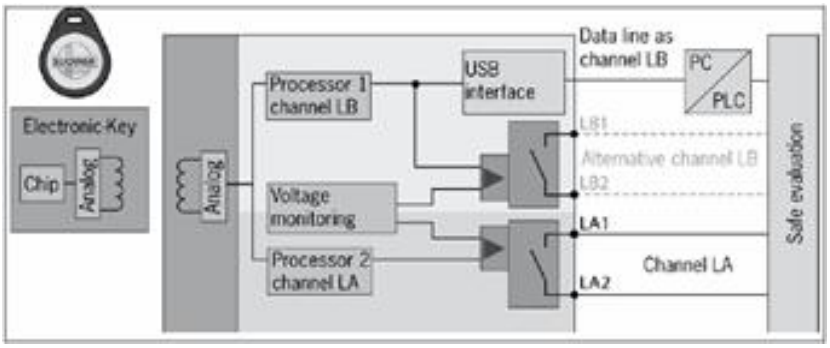


図 3.1.5　接続図（EUCHNER 社　マニュアル抜粋）

3.1.3　SCHMERSAL グループにおける RFID の安全分野への活用事例

SCHMERSAL グループから発表された ESALAN ワイヤレスシステムは無線通信を行う際、図 3.1.6 のように通信回線に 433MHz と 869MHz のヨーロッパではライセンス不要な 2 つの周波数を使用している。これは、安全信号を 2 重化することが目的ではなく堅牢性を高めて回線が切れにくくすることが目的である。図 3.1.7 のように受信するデータがないもしくは矛盾したデータを受け取るなどの通信エラーが 7 回発生した場合も 8 回目のデータが正常であれば動作し続ける。

データは図 3.1.8 のように初めに 14 ビットのスタートデータ、続けて 20 ビットの ID データ、8 ビットの IO データ、4 ビットのカウントデータ、4 ビットの追加データ、22 ビットのチェックサムデータで構成されている。

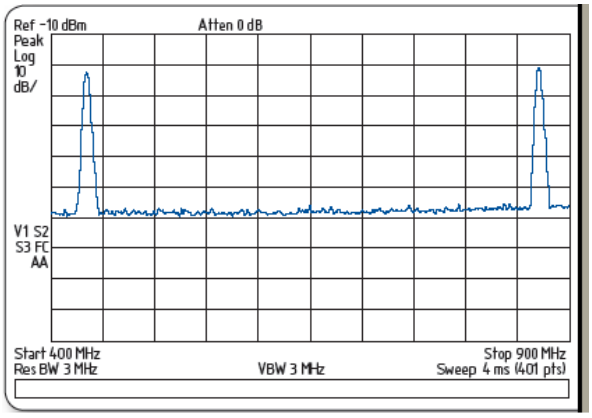


図 3.1.6　通信に使用している周波数（カタログ抜粋）

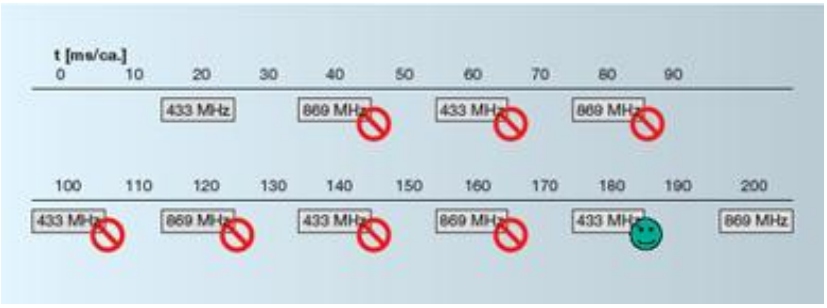
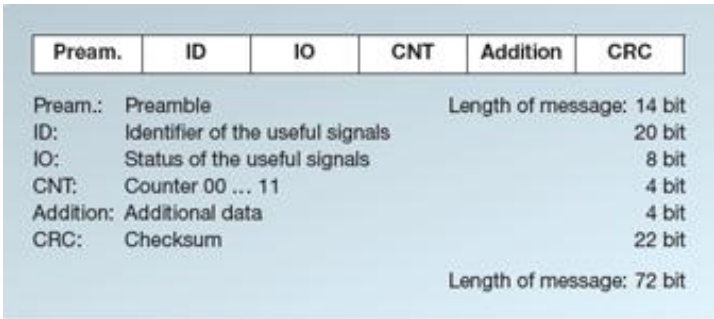


図 3.1.7　通信エラーについて（カタログ抜粋）



Pream.	ID	IO	CNT	Addition	CRC

Pream.:	Preamble	Length of message: 14 bit
ID:	Identifier of the useful signals	20 bit
IO:	Status of the useful signals	8 bit
CNT:	Counter 00 ... 11	4 bit
Addition:	Additional data	4 bit
CRC:	Checksum	22 bit
		Length of message: 72 bit

図 3.1.8 メッセージデータの構成（カタログ抜粋）

製品として、図 3.1.9 の ELAN 社製の安全無線通信システムが展示されていた。ESALAN ワイヤレスが使用されている実例としては、金属板加工、液圧プレス、印刷機、製紙機、倉庫などがあるとのこと。なお、現在のところ電波法の問題があり、日本国内で使用することはできないとのことであった。

図 3.1.9 安全無線通信システム（SCHMERSAL 社 ※機器は ELAN 社製）

3.1.4　SIEMENS 社における RFID の安全分野への活用事例

図 3.1.10 の無線ペンダントが出展されていた。説明員と情報交換を行ったところによると、作業を始める前（ログイン時）にどの機械を操作するかを RFID によってペンダントに認識させている。これは、無線ペンダントの不正使用および意図しない機械の動作を防止することが目的である、また、この無線ペンダントの安全信号の無線通信について、通信自体は 2 重化されておらず PROFIsafe のプロトコルによって安全性が保証されている。

また、ペンダントが無線であることにより、どこにでも持ち出しすることができてしまうが、図 3.1.11 トランスポンダによってイネーブルスイッチの有効範囲が限定される。

図 3.1.10　無線ペンダント（SIEMENS 社）

図 3.1.11　アクセサリ類（カタログ抜粋）

3.2　国際共同研究テーマ探索のための安全関連機関訪問

欧州でも有数の安全研究機関であるBGIA（Institute for occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance）を2009年3月9日に訪問して、主にRFIDに関する研究事例を紹介いただくとともに、国際共同研究の可能性について意見交換を行った。同研究所は、ドイツの職業組合BG翼下の職業安全健康の研究所であり、DGUV（German Social Accident Insurance）から出資されて運営されている。
詳細は添付資料４を参照。

3.2.1　BGIAにおけるRFIDを利用した安全研究の状況

BGIAにおけるRFIDの応用研究は次の2例であった。

①廃棄物プレス機械用保護装置への応用

傾斜コンベヤとプレス機械を組み合わせた廃棄物処理機械において、コンベヤ上の作業者検知をアクティブRFIDにより行っている。コンベヤ上部にアンテナ(トランスポンダ)を設置し、トランスポンダは3軸で433Hzを利用している。作業者側のトランスポンダはベストに内蔵され、作業者の位置、姿勢が管理可能としている。また、チェック用固定トランスポンダによる診断機能を有している。なお、ISO13849-1（機械類の安全性-制御システムの安全関連部-第1部：設計のための一般原則）の安全性能カテゴリは2相当である。

②カレンダー機械（圧延ロール機械）用保護装置への適用

圧延ロールに平行に設置したワイヤアンテナにより巻き込み直近の空間に磁界を生成し、作業者の手首に装着したタグを検出する。ワイヤアンテナは、垂直、水平のいずれの配置のロールに対しても設置可能である。安全性能は上記と同様にカテゴリ2相当であり、既設のロープスイッチやバースイッチに追加するという位置付けである。

以上の事例の他に、木材破砕機械や挽肉ミンチ機械への適用が検討されていた。また、RFIDを利用しない保護装置として、LED反射を利用して人間の手と木材とを周波数識別で見分ける装置も開発されていた。何れの研究事例とも、あくまでも追加の保護装置としての位置付けであり、高リスク対応の保護装置である光線式安全装置等に代替するものとしては扱っていない。

3.2.2　RFID利用の共同研究の実現可能性の検討

わが国で検討中の産業オートメーションシステムへのRFID利用の研究案を示した

上で、BGIAとの共同研究が可能か意見交換を行った。その結果、人間と機械が共存・協調するシステムに対して、人間のシステム内へのアクセスコントロールを中心とした研究課題が共同研究課題として有力であると双方で認識した。この課題案は、日独ともに今後増大すると予想される人間機械協調システムへ適用可能な安全方策として有力であり、マン・マシンインタフェースなどを含めた安全システム構築が期待される。同研究所では、このような共同研究の可能性について、研究資金の調達と研究プロジェクト化の手段について検討を行う方針である。

わが国においても、共同研究の具体的課題を整理して、どのような体制で実施できるか検討するとともに、今後も引き続き情報交換を行うこととした。

第４章　国際共同研究テーマまとめと今後の展開案

4.1　共同研究開発テーマの抽出

産業オートメーションシステムの安全技術に関して、わが国が得意とするRFID技術を活用した国際共同研究テーマの可能性を調査してきた。

第２章の国内における安全分野に展開できるRFIDの調査、第３章における欧州でのRFIDの研究開発実態調査の２つの調査結果を踏まえて、産業オートメーションにおけるRFIDを活用した安全システムに関し、国際共同研究開発の可能性が高いテーマについて以下のように取りまとめた。

■テーマ１；　工作機械における人と機械の協調作業シーン（モード４）においてRFIDを活用した安全構築のための安全基本要件を明確にする研究。

＊モード４についての説明資料を第4章の末尾に添付。

■テーマ２；　危険点近接作業を対象としたRFID技術を活用しての安全性評価に関する研究。

■テーマ３；　IMS（Intelligent Manufacturing system）における連結した設備機械ゾーン内でのRFIDを利用する最適領域安全管理の研究。

■テーマ４；　機械システムの作業現場で発生している操作ミスによる事故（災害）を低減するために、RFIDを使用して操作者の作業権限を判別し安全確保要件をまとめる研究。

■テーマ５；　RFIDの機械安全への応用におけるアプリケーションごとの最適な選択要件の研究。

上記のテーマのうち、テーマ５はRFIDの特徴を用途に応じた安全関連系に適用させるための必須要求事項をまとめるものであるが、他のテーマは、いずれもRFIDを活用することにより作業者の安全と効率的な作業を確保することに寄与する研究テーマである。

各テーマに関する概要については次ページ以降を参照。

国際共同研究テーマ1候補案

テーマ名	工機械での人−機械協調作業における安全構築のための安全基本要件を明確にし、そのための必要技術を確立する
共同国・機関	ドイツ BGIA

1. テーマの目的

工作機械でモード4（加工のテストモードなどで、従来より人的な介入の範囲が拡大される）など人−機械協調作業の要求、特に作業者の能力に依存するものが増えてきている。イネーブルスイッチは近接作業における安全確保に優れた機器であるが、作業性のために片手をふさぐことも止めたいという要望は、将来的には更に出てくると思われる。そこで、協調作業における安全担保のための条件を明らかにし、具体化技術を確立する。　　＊モード4については添付資料を参照。

2. テーマ実施の必要性

＜背景＞

安全を単に確保するのではなく、安全を担保するという観点が求められていること、また操作性・作業性のアップのために将来発生するであろう要求を取り込むことも求められている。

＜意義・重要性＞

単にリスク比較により「可」とするのではなく、安全基本要件を明らかにして、それを満たす形で実現したい。そのために必要な技術を開発する。

3. テーマの概要、目標、指標、体制、達成時期

①事業の概要：

人と機械の協調作業シーン、特に工作機械でのモード4における安全担保を確保するための安全基本要件を明確にし、そのための技術を抽出し必要により研究計画を立案し開発する。特に、人と機械が近接して作業する場合には、熟練度が高い要因であることが必要であり、個人識別にはRFID技術が適切に応用できるものと考えられる。

②目標（目指す結果、効果）

以下により人と機械の協調作業シーンにおける安全担保を確保する。
1. 安全基本要件を明確にする。
2. 明確にした要件を具体化するに必要な技術を抽出し開発する。
3. 人的要件の識別にはRFIDの適用を検討する。

③開発要素・課題：

1. 安全基本要件を明確にする。
2. 要因の面では、要件を満たした作業者の識別にRFIDの適用を検討する。

④実施体制

国内の電子タグメーカ、安全装置メーカ、工作機械メーカと独BGIA、ユーザとの連携

⑤研究開発期間

約3年

4. その他（標準化　等）

安全基本要件について標準化を計画する。

国際共同研究テーマ2候補案

テーマ名	危険点近接作業を対象としたRFID技術の安全性評価に関する研究
共同国・機関	ドイツ　BGIA

1. テーマの目的

製造業で使用される代表的な機械設備を対象に、危険点近接作業を対象に最新の計測技術を応用した安全システムを開発し、安全で効率的な作業システムを提案する。

2. テーマ実施の必要性

＜背景＞

機械設備の安全方策の基本は、人間が機械の危険な可動部に接近したときや、機械の故障時に直ちに機械を停止させるインターロック機構及びフェールセーフ機構を備えることである。しかし、実際の現場では、機械を停止して行うことが困難なトラブル処理、保守、点検、補修、調整、清掃などの危険点近接作業が存在する。そこで、これらの危険点近接作業を対象に災害防止対策を確立し、人間機械協調形安全作業システムを提案する必要がある。

＜意義・重要性＞

機械の危険点に近づいた形で作業を行う必要がある時、従来のような停止による安全確保が困難であり、新たなアプローチが必要となる。本研究では、支援保護装置という新たな概念を用いて、新しい安全確保の提案を行う。

3. テーマの概要、目標、指標、体制、達成時期

①事業の概要:

典型的な危険点近接作業である丸のこ盤作業における安全システムを開発する。本研究は、作業者の手指が安全領域にあることを確認できる時のみ、のこ歯の可動を許可するシステムで、手指の位置検出をRFIDシステムにより行う。安全領域の最適な設計基準を確立するとともに、RFIDシステムの安全性評価を行う。

②目標（目指す結果、効果）

木材加工用機械を対象とした危険点近接作業用安全システムを開発・評価することで、同様の他作業にも適用する。

③開発要素・課題:

ICタグの小型化、最適な安全空間を形成するためのアンテナ設計

④実施体制

NECA、BGIA、RFIDメーカー

⑤研究開発期間

約3年

4. その他（標準化　等）

国際共同研究テーマ3候補案

テーマ名	IMSにおける電子タグを利用する最適領域管理
共同国・機関	ドイツ　BGIA

1. テーマの目的

産業用ロボットをはじめとする各種機械設備の統合システムにおいて、作業者が進入できる領域や操作できる機械設備を自動的に管理することにより、安全かつ効率的なシステム運用を図る。

2. テーマ実施の必要性

＜背景＞

統合システムが複雑、大規模になる一方で、作業者がトラブル処理や保守等のためにシステム内へ立ち入る際に、誤った危険領域への進入や内部の機械設備の誤操作等に起因する事故が危惧されている。システムの規模が大きくなると、複数の作業者毎に異なる作業があるため、システム内に立ち入ることのできる領域は異なるとともに、操作対象の機械設備も異なる。このような作業管理及びシステム管理を作業者自身の入力操作に依存することは限界があり、有効な対策が求められている。

＜意義・重要性＞

高度化する自動化システムと人間の非定常作業とのミスマッチ問題に対して、安全性と作業性を両立する管理システムを導入することによって実用的な解決策を提供する。

3. テーマの概要、目標、指標、体制、達成時期

①事業の概要:

複数の機械設備からなるIMSを対象に、作業者が装備する電子タグ情報に従って、作業者が進入できる領域切り替え機能とそれに連動する個々の機械設備の局所制御するシステムを開発する。電子タグについては、必要な情報の選択と情報入力手段、信頼性の高い読み取り方法について研究する。IMS側では、動的領域管理システムと連動する機械制御方法、及び作業者への情報提示方法等を検討する。以上の機能を実現した実証システムにおいて、安全性と操作性の評価を行う。

②目標（目指す結果、効果）

IMSと人間との安全な協調運用システムを構築して、その有用性を検証する。その結果、ロックアウトやタグアウトの普及促進が期待されるとともに、人間協調を指向する生産システムの構築方法が確立される。

③開発要素・課題:

電子タグ：簡易なライタ、違和感のない小型タグ、読み取り信頼性、データセキュリティ
IMS制御システム：動的領域管理システム、入退室検知システム、遠隔情報伝送

④実施体制

国内の電子タグメーカ、安全装置メーカ、自動車関連メーカと独BGIA、ユーザとの連携

⑤研究開発期間

3年以内

4. その他（標準化　等）

ISO11161の拡張

国際共同研究テーマ4候補案

テーマ名	機械システムの作業現場で発生している誤操作や操作ミスによる事故（災害）を低減するために、RFIDを使用して操作者の制限を行う
共同国・機関	ドイツ　BGIA

1. テーマの目的

ID（パスワード入力）の代わりのRFIDタグを活用する。
GUIを個別にカスタマイズして、機械と接する人の資格別操作制限を行い、人間工学的なアプローチでミスの減少を図る。

2. テーマ実施の必要性

＜背景＞

イネーブル装置等を使用して、ティーチング作業を行っていても、ロボットアームが見えなかった場合などにイネーブル装置を咄嗟に操作できずに作業者とロボットアームが衝突してしまうことなどの事故（災害）が発生する。
また、ティーチング等の誤操作により、ロボットアームが部品等に衝突し、破損するなどの事故も発生する。このような現状のなか、機械システムの作業現場で発生している、誤操作、操作ミスによる事故（災害）を低減するために、「特定化」と「履歴管理」という特長を備えたRFIDを活用して、人とものを特定化しかつ情報化して、操作者の制限を行うことで安全確保に利用できるのではないかという仮説の検証および実証を行う。

＜意義・重要性＞

従来の視覚認識等だけでは発生を余儀なくされていたミスを低減させるための手段を講じることは意義がある。

3. テーマの概要、目標、指標、体制、達成時期

①事業の概要:

熟練者とそうでない者の操作確度を比較調査した結果、誤操作する確率から、IDを使用して操作者を制限することによって、災害を低減し作業効率を向上できることを実証する。
測定のシステムとしては、たとえば、ロボットのティーチング作業。

②目標（目指す結果、効果）

熟練者とそうでない者の操作確度比較データから、操作者を制限することによる効果を確認する。
また、操作者を制限するために使用するIDタグの最適な貼り付け箇所を検討する。

③開発要素・課題:

IDタグの最適な貼り付け箇所の検討および最適箇所に貼り付けられる（小型）IDタグの開発。

④実施体制

国内の電子タグメーカ、安全装置メーカ、工作機械メーカと独BGIA、ユーザとの連携

⑤研究開発期間

2年

4. その他（標準化　等）

国際共同研究テーマ5候補案

テーマ名	安全におけるアプリケーションごとのRFIDの最適交信周波数とタグの携帯方法の研究
共同国・機関	ドイツ　BGIA

1．テーマの目的

機械安全の目的で、RFIDタグを人体に装着し人体の検出および識別に用いた場合、それぞれの応用の仕方や環境（建屋の構造等も含めて）により使用するべき最適な交信周波数やタグの携帯方法が異なる。それぞれの場面における課題を整理し推奨するべき周波数と形態方法を整理する。

2．テーマ実施の必要性

＜背景＞

RFIDは通常生産現場での生産効率の向上やセキュリティを目的に使われているが、機械安全の目的でRFIDを人体に装着させる場合あるいは携帯させる場合は、製造現場における環境（周囲金属による反射や減衰など）や装着あるいは携帯の方法による交信の失敗を最小限に抑えるような考慮が必要である。

＜意義・重要性＞

RFIDの応用例ごとあるいは周波数ごとに課題を整理することで新たなRFIDの技術につながる可能性を持つ。

3．テーマの概要、目標、指標、体制、達成時期

①事業の概要：

・ゲートへのアクセスに応用する場合
・広範囲な領域での人体検出に応用する場合
・人体部位に装着して安全な起動条件を確認する場合
についてそれぞれ、最適な交信周波数と人体への装着/携帯方法を検討する

②目標（目指す結果、効果）

上記の検討結果を整理し、推奨周波数と携帯方法、残課題を一覧表に整理する。

③開発要素・課題：

特になし

④実施体制

NECA、BGIA、RFIDメーカ

⑤研究開発期間

1年

4．その他（標準化　等）

4.2　今後の展開への検討

今回の共同開発テーマに関して3.2項で報告したように、BGIA等との討議の中で、彼らから「個別ポイント的な課題解決からシステム（連続または複数の設備）に対する安全課題を解決する」方向での共同テーマとしてはどうかとの提案があった。調査研究本委員会（2009. 3. 23開催）で検討した結果、その提案に沿う形で今後の共同テーマをまとめる方向でよいとの合意がなされた。

一方で、今回探索したテーマは、テーマ３がシステム的解決のテーマであるが、その解決には、他のテーマとのリンクが強く無視できないことも同意されている。つまり各テーマを統合した形でまとめることが必要である。

今後、例えば図4.1のようなロボットを多数使用するケースを想定して、ニーズとのマッチング、現場での緊急性、効果性等を勘案しながらドイツ等との研究団体と調整していきたい。

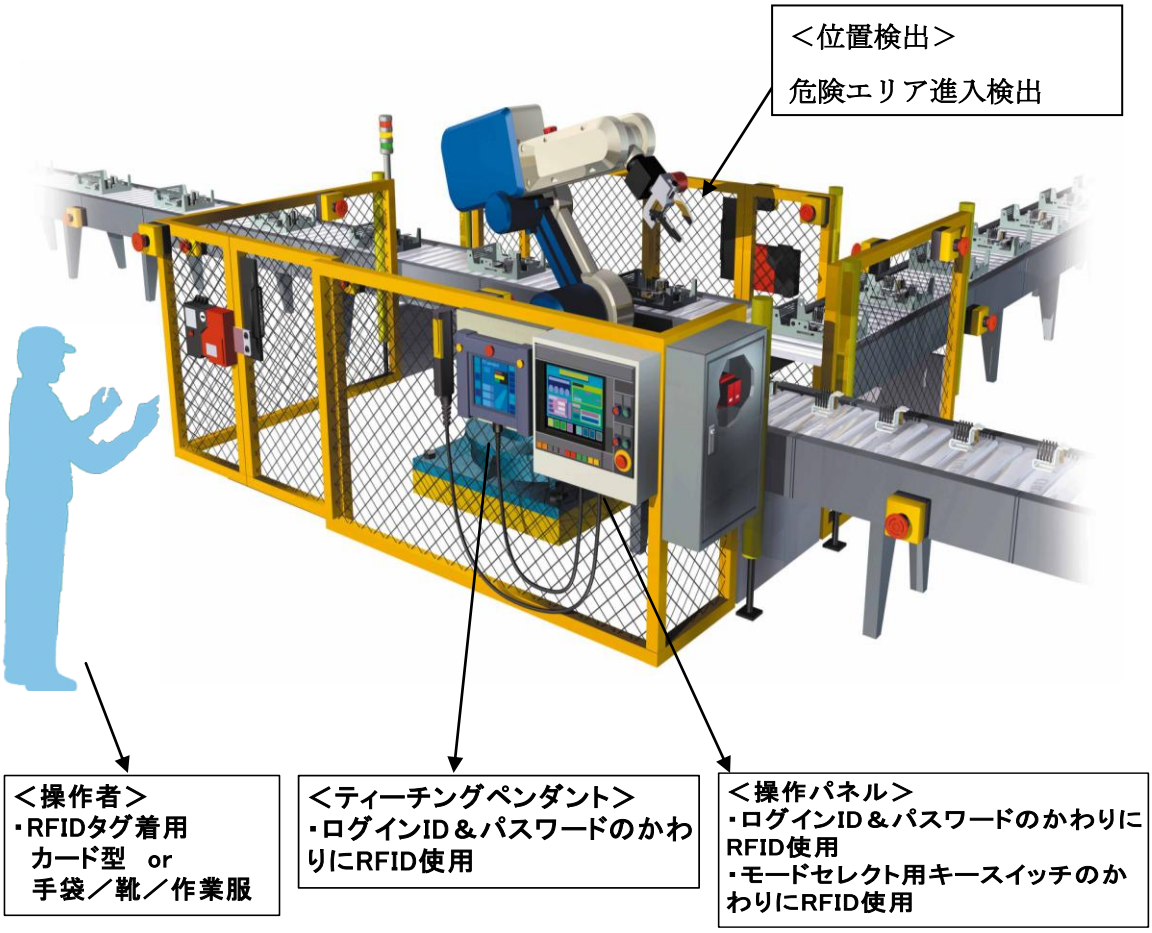


図4.1　RFIDを活用する現場

また、図4.2は、複数の産業ロボットを利用するIMSモデルであるが、RFIDを用いた応用研究として、ロボットのペンダントを用いる教示作業、ガード開口部への作業者のアクセスコントロール、ガード内の複数作業者の存在検知などが適用可能である。今後、このようなモデルを利用した共同研究が期待される。

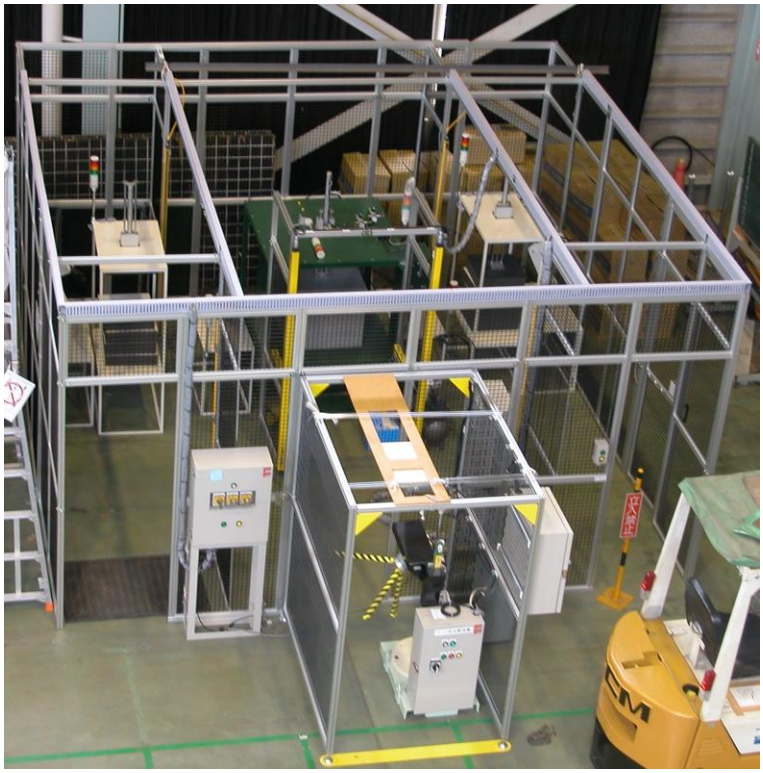


図 4.2　３台のロボットによる IMS 事例（労働安全衛生総合研究所提供）

これらの検討をさらに実施して共同研究テーマとして再度、ドイツ等の安全研究関連団体に提案することを計画したい。

モード４参考文献　ドイツ工作機工業会資料より（シュメアザール日本支社様の翻訳より）

ドイツ工作機械工業会

合意バージョン5.1　(Schmersal Information No.8-24　元原稿)

マシニングセンタのプロセス監視－手動介入の拡大

要約：ドイツでは、マシニングセンタの自動工程は、一時的にガイドを開放したまま実施せざるを得ない場合もあり、これに関してはガードに代わる安全方策をとるべきであるという見解が示され、当該関係者（営業監督局、職業保険組合、製造者）間の合意が得られた。

マシニングセンタの安全性に関しては、2001 年 12 月に、整合規格 EN 12417 が発行され、それ以降、規格に合致した設計により、工具及び金型や複雑な部品の加工等の特定用途における問題点は解決できるものとされてきた。

EN 12417 で定義される運転モードでは複雑な形状の工作物を加工できないとされる理由は、切削プロセスを監視できる範囲が非常に限られているために、寸法不良、表面欠陥、衝突（フライスの破損、工作物の廃棄、機械の損傷）が発生するおそれがあるからである。しかし、こうした工作物の加工は必要不可欠であり、そこでは作業をスムースに行うことができるようにするために、規格に合致した安全防護物が少なからず無効化されている。そして、これにより機械オペレータへの危険状態が著しく高まり、規定された保護目標の意義は失われることになる。

1. マシニングセンタの運転モード

運転モード 1：自動運転（自動生産）
運転モード 2：調整運転（非生産）
運転モード 3：手動介入のために代案として選択される、限定条件付運転モード

EN 12417（文献*/1/*）により定義された上記３つの運転モードと共に、労働及び健康保護を目的とした機械指令（文献*/2/*）の要求事項が規格により具体化された。本規格は、機械指令の要求事項を履行するための基本原則を示すもので、自発的に順守することが求められてはいるが、法的拘束力はない。

労働安全衛生及び機械指令の遂行に係わるドイツの所轄当局は、ステートオブジアートに照らし合わせ（機械指令附属書Ⅰ、序文）、適切な安全方策が講じられる場合には、さらに次の運転モードを容認するものとした。

運転モード 4：「プロセス監視－手動介入の拡大」（文献*/3/*と*/4/*）

次に、本件に関する状況及び安全コンセプトについて説明する。

2. 現場での事例－問題点と解決手法

2.1 大型マシニングセンタ

大型マシニングセンタの運転（図 1～4）に関する規格推奨案は、実際の使用で予測される、必然性のある運転状況をすべて考慮したものではないため（文献*/5/*）、安全コンセプトの拡張は不可欠なものであった。

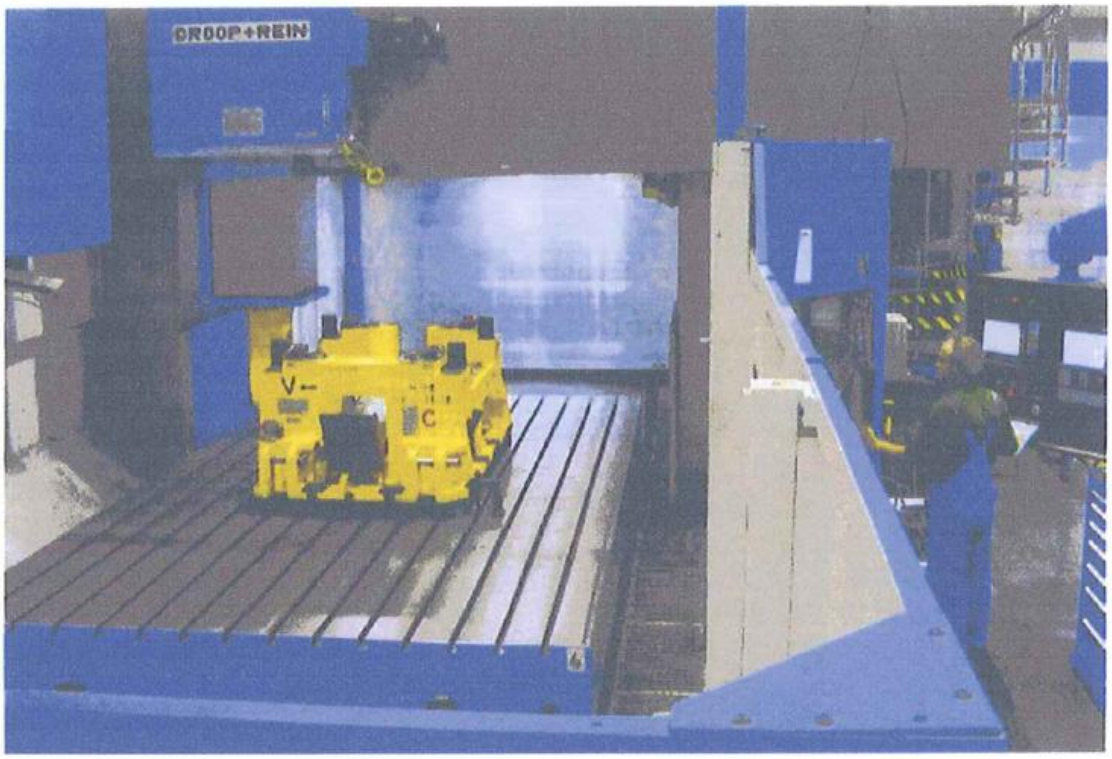


図 1：大型機の自動運転（運転モード 1）。ガードは閉じられており、オペレータ（写真の右下）は作業室外にいるので、最高の保護レベルが達成される（出典：W.Link SMBG）

図 2 は、大型マシニングセンタのオペレータが、例えば目視できない領域のレファレンス点復帰あるいは工具干渉のチェックを行うために、自動工程に手介入する準備として保護扉を開けようとしているところである。

図 2：手介入の準備は安全な位置から行われる。運転モード 1 から 3 へ切り替えた後、手動操作ユニットが使用される（出典：W.Link SMBG）

図 3 では、オペレータは作業室内の安全な位置に立ち、手動操作ユニットを両手で保持している。運転モード選択スイッチ（外部のメイン操作パネルに配置される）の切り替えにより、使用できる機械機能は制限され、かつ「自己復帰形コマンドスイッチ」（イネーブルスイッチ）を操作したときにしか作動できない。しかし、複雑な工作物の場合、特別な加工段階で、運転モード 3 を何分にもわたって使用していると、イネーブルスイッチを保持している手が硬直してしまうおそれがある。その結果、スイッチを意図せずに押してしまい（あるいは手を離してしまい）、それにより加工処理が中断されてしまう可能性がある。これは、特に工作物の廃棄を考えると、重要な問題である（詳しくは 3 項で説明）。

図3：運転モード3 あるいは4 における作業室への立ち入り、左側にいるのがオペレータ（出典：W.Link SMBG）

図 4 では、オペレータは、安全な位置に立って、複雑な形状の工作物への工具の干渉を監視している。運転モード 3 あるいは 4 では、オペレータは、目や耳の感覚（経験知識）を頼りに、両手を使って、手動操作ユニット上の選択ボタン及びハンドル（オーバーライド）により加工パラメータの手動調整を行う。しかし、操作時間が、オペレータがイネーブルスイッチを保持できる限界を超える可能性があることは明らかである。

図4：工具の干渉チェックと手動調整。このようなケースで、イネーブルスイッチを長時間保持することはできない（出典：W.Link SMBG）

2.2　ユニバーサルマシニングセンタ

図5は、ユニバーサルマシニングセンタの作業室を示したものである。また、図6は、機械指令で要求される運転モード選択スイッチと自己復帰形コマンドスイッチを用いた安全方策である。図7は、運転モード2、3、4で使用される手動操作ユニットであり、適用例として図8に表面形状が複雑な工作物が示されている。

図9では、オペレータは、ハンドルにより工作物表面への工具のアプローチ角を操作し、さらに一方でコマンドステーションのオーバーライドによりNC軸の走行速度を調整している。これにより両手が拘束されるので、イネーブルボタンを同時に押すことはできない。また、フットスイッチでは、オペレータが片足でバランスをとらなければならなくなり、作業室外での安全な位置が失われるため、この使用は対象外である。

図5：ユニバーサルマシニングセンタのオープン作業スペース（出典：Deckel Maho, Pfronten）

図6：運転モード1から3用のイネーブルスイッチ及びキースイッチと、運転モード4用の第2のキースイッチ

図7：手動操作ユニット、非常停止ボタン及びイネーブルスイッチ付

図8：斜めに取り付けられた工具（出典：Deckel Mho, Pfronten）

図9：仕上処理における表面の最適化。両手を使った作業：ハンドル（左手）で工具の設定、オーバーライド（右手）で工具の回転速度を調整している。

3 基本的考察

マシニングセンタに関する規格で定められた安全方策は、ガードによりオペレータを作業空間における危険状態から保護することが起点となっている（文献3/）。従来のオープン構造のフライス盤との明らかな違いは、方向の変化が伴う複合動作や高加速度及び高スピード（HSC 超拘束加工）といった自動化機械での複雑な工程における潜在的危険が、根本的に、手動制御機械の場合よりも高いということにある。

オペレータが、ガードを開放した状態で、代替となる効果的な安全装置、例えば連続的操作を必要とするイネーブルスイッチを使用してプロセス監視を行うことは、規格では、調整（運転モード2）もしくは手動運転（運転モード3）の例外的事例に対してのみ、その適用が意図されている。自動工程（運転モード1、イネーブルスイッチなし）の監視は、規格に従えば、保護扉が閉じた状態でしか実行することはできない。

この手順は、これによりオペレータに対する最高の安全性と機械の最高の経済性が同時に達成されるため、大部分のマシニングセンタについて適正かつ十分なものといえる。

しかし、特定の製造工程、特に部品製造においては、自動プロセスの監視を、ガードを開放した状態で工作物のすぐ近くで行わざるを得ない場合がある。特に、非常に高価な個別生産品の場合には、危険な衝突運動や設定された手順との相違は、早期に認識し、制御入力により修正すれば、工作物の廃棄を回避することができる。

マシニングセンタの専門作業者にとって、自己の責任領域内で工作物の廃棄を回避することがいかに重大であるかは、安全装置の電気接点が「バイパス」され、無効化される多くの事例を見ればよく理解できる（文献6/）。
幸いにも、これに関してはリスクが高いにもかかわらず、関係当局に報告された事故災害数は非常に少ない（文献7/）。つまり、大部分のケースでは、オペレータの自己責任による自己防衛により、無効化により著しく高くなったリスクを抑制できることを示している。しかし、もちろん、この場合の危害発生確率の低さは、高い作業ストレスの犠牲の上に成り立っているに過ぎない。保護策なしの自動運転では、高スピード及び危険な機械動作の効力がまともに及ぶことになり、無効化により想定される危害の程度は基本的に非常に高い。一方、不注意による無効化の結果発生した事故災害においては、オペレータは重度の傷害を負うことが報告されている（文献6/）。

4 労働及び健康保護に関する責任

4.1 製造者の責任

欧州経済圏では、機械類は、該当する規則に適合している場合にのみ流通できるものとされる。マシニングセンタに関しては、まず、労働及び健康に関する機械指令の附属書Ⅰの要求事項がある。一般的に外部に対するものとしては、CE マーキング、各種適合宣言書、適切な取扱説明書が挙げられる。取扱説明書では、製造者は、機械の意図する使用を明確に記す必要がある。

機械を意図された目的のために支障なく使用してもらうために、製造者は、顧客から、製造上必要となる条件に関し正確な情報を入手し、実際の使用に即した安全コンセプトを開発して、予定された生産目標を達成できるようにしなければならない。
さらに、機械の意図する使用を正しく理解してもらうために、通常は、マシニングセンタの製造者により、各種機械に関する指導及び訓練が行われる。これについては、製造者責任だけでなく、使用者責任も関わってくる。

4.2 使用者の責任

使用者（雇用主）には、枠組指令及び作業機器使用指令と、ドイツ国内の労働保護法及び産業安全規則に従うことが義務付けられる。これらの規則により、使用者には、安全で適切な機械を従業員に提供することが要求される。機械の運転者、調整者、保全者には、意図する使用に適った安全な運転を実施するための教育・訓練を受けさせなければならない。こうした訓練に関しても、基本になるのは製造者から出される取扱説明書である。そして訓練を実施した後で、運転モード4は、他に解決方法がないことが明白な場合においてのみ適用される。運転モード4の実施については、使用企業の管理職者にその権限と責任が委ねられる。
調整や保全など比較的高い危険状態を伴う作業での運転モードの選択については、その権限（権能）を、専門知識を有する適格者にのみ与えることで、制限することができる。使用企業の経営者には、この権能の遂行を注意深くチェックすることが義務付けられている（監視義務）。しかし、担当の管理職者が気付かずに誤使用に至るようであれば、製造者責任の末端として、メーカーのサービスマンにより誤使用が指摘されることが望まれる。

4.3 工作機械の製造者と使用者の共同の責任

工作機械での安全な作業は、製造者責任（安全な設計と安全コンセプトの立案）と使用者責任（安全で適切な作業機器と作業方法の提供）とのバランスが適正に保たれてこそ実現できるものである。このことは、機械指令及びこれを具体化した規格においてすでに明白に記述され（直接的、間接的、及び注意喚起による安全技術）、また近年成立した産業安全規則によりさらに強調されることになった。

機械指令の導入以来、ドイツ工作機械工業会（Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken, VDW）では、意図する使用と安全な作業方法が実際に配慮されるように、工作機械使用者の適切な共同責任について慎重に検討を重ねてきた。

オペレータを保護し、かつ安全装置を無効化せずに、前もって定められた意図する機械の使用が可能な、現場に即した安全方策に関する具体案が、VDW加盟企業から当該委員会に提示された（文献/8/）。

運転モード4では、オペレータ要員の能力が非常に重要である。文献/9 a)/には、特に教育・訓練を受けた専門職者のみが（図6に示されるような第2のキースイッチにより）運転モード4を単独に選択する権限を有し、指導下にある作業員、臨時要員、研修生などにはこの権限は与えられないと記載されている。
文献/9 b)/では、作業安全に対する教育・指導の重要性についても述べられている。

5 手動介入の拡大に関するコンセプト

5.1 運転モード3

安全規格 EN 12417 /1/ では、規定に則した機械の使用を可能とするため、多くの事例に適用される安全技術的解決方法が、VDW 加盟企業の当該設計者たちの積極的な協力を得て、運転モード3いう形で実現された。しかし、実際には、厳しい加工条件の下では（金型の個別部品など）、オペレータがこの運転モードを使用することはない。それは、イネーブルスイッチを長時間保持することは人間工学的に無理があり、加工が予期せず中断される可能性があるからである（表面欠陥、基準データの喪失などの問題が発生）。さらに、図 9 で示したように、両手を使って調整しながら加工するケースでも、イネーブルスイッチが要求される運転モード 3 は基本的に使用できない。前者の場合には、オペレータに、筋肉疲労によりイネーブルスイッチのボタンから手を離してしまい、それにより、自分の責任領域において廃棄するワークを生み出してしまうという不安がある。こうした危惧感は他の国にも同様に存在する。最近の日本の出版物の中に、これを裏付けした興味深い資料がある。その中では、イネーブルスイッチに関して、操作する手を入れ替えて長時間保持できるようにするなど、人間工学的に改善された方法が熟考、検討されている。

5.2 ドイツの状況

無効化の原因は、特に企業経営における経済性及び個人的な快適性によるものであることが明らかにされている（文献/6/及び/11/参照）。結果的には、非常に高い危険状態を伴う、無防備な不正自動運転が行われている。

こうした問題の解決に向けて、ドイツでは、製造者（VDW 加盟企業）、使用者、関係当局（BG 及び営業監督局）間の統一した見解が得られた（文献/5/）。

そして、イネーブルスイッチの操作が不要な、マシニングセンタでの第 4 の運転モードが定義付けられた。この追加された運転モードは、これまで十分に考慮されなかった生産工程を、機械指令の要求事項及びそこで定義される保護目標に即した安全技術の全体コンセプトに取り入れようとするものである。

第 4 の運転モードの設計の中核をなすのは、この種の運転モードの「不回避性」の証明手順と、技術的保護方策及び*行動に関する要求事項*からなる安全パッケージの作成である。これが、オペレータにステートオブジアートによる最大の保護を提供するものとなる。これについては、機械指令に規定される安全統合の原則を考慮しなければならない（文献/2/）。

5.2.1 危険源分析、リスクアセスメント、運転モード4に関する14（+1）の安全方策

手動介入に関する典型的な危険状態は、すでにEN 12417（表1）に包括されており、これに属するリスクアセスメントをベースとして、適切な安全方策が定義されている。

提案された運転モード「手動介入の拡大」（運転モード4）については、それぞれの危険状態に対し適切な技術的安全方策が選定された。唯一の異例措置は、イネーブルスイッチの使用を不要とすることである。

工具と主軸あるいはテーブルと工作物間の軸運動による*押しつぶし、せん断、切傷／切断、衝突、突き通し／突き刺し*の危険状態については、次のような安全方策がとられる。

- 軸速度を運転モード3と同様に設定する
- 制限値を安全に低減し、EN 954-1のカテゴリ3に適合した監視を行う
- 非常停止装置をすぐに使用できるように携行する
- 危険領域外の安全な位置に立つ、図3、4、12参照

図12：ユニバーサルマシニングセンタで運転モード4の準備をするオペレータ、個人用保護具を着用している（出典：Deckel Maho, Pfronten）

*捕捉及び巻き込み*の危険状態に対しては、さらに次の3つの安全方策が追加される。

- 適切な個人用保護具を使用する（腕と足の部分にマジックテープを使った作業着及び保護めがねを着用、手袋は着用しない）、図12参照
- 運転モード3と同様に主軸回転速度を低減し、監視する（5回転後に静止）

さらに、7番目として、安全に関する情報をプレート、あるいは制御装置のディスプレイ画面で表示する、注意喚起による安全方策が付け加えられる。図13参照。

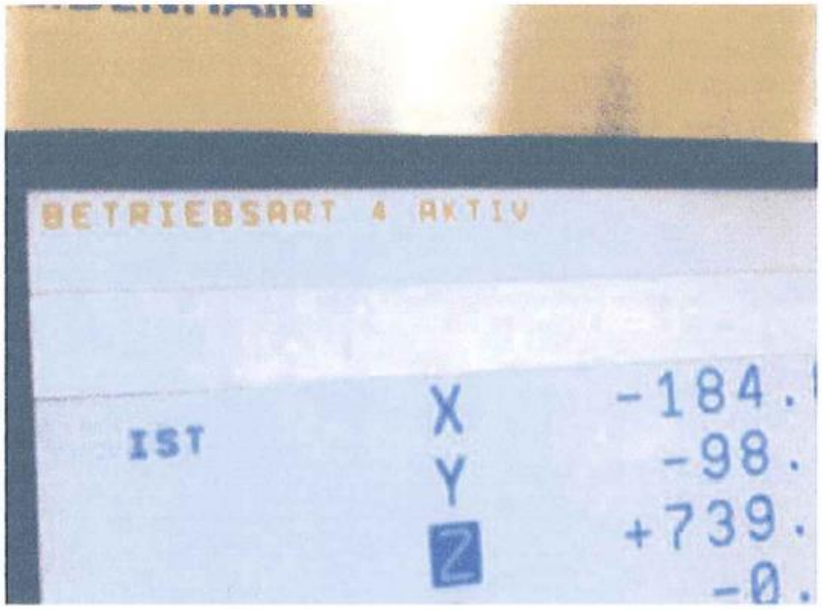


図13：画面での注意表示「運転モード4作動中」 *(出典：Deckel Maho, Pfronten)*

経営者の責任においてとるべき組織的な安全方策として、4.2項で述べた教育・訓練以外に、第2のキースイッチに関する権限の委任が挙げられる。この権限は、適格な専門作業者にしか与えてはならないとされる（図6、方策No.8）。

5.2.2 最高の保護レベルへの復帰 ― 運転モード1の切り替え

第4の運転モードを必要とする特定の加工条件が解除された後は、高い保護レベル（つまり運転モード4から1へ）への切り替えが速やかに行われなければならない。このために、上位の安全方策として、規格の運転モード3に則った次の制限事項が適用される。

EN 954-1により、運転モード4では次の機能／動作が停止される。

- パレットの交換
- 工具の交換
- チップコンベヤ
- 高圧クーラント供給
- 工具測定（レーザー）
- フライス・旋盤・複合マシニングセンタでの回転運転

主軸の最高回転速度については、運転モード4には、基本的には運転モード3の停止要求事項が適用される。つまり、運転モード4と運転モード1の最高回転速度の差は非常に大きく、これは機械の生産性及び経済性においては明らかに損失を意味する。

さらに、運転モード1への復帰の重要性は、能力の高い専門作業者に係る人件費の面からも無視できない。

- 第2のキースイッチに関する権限は、オペレータの適格性に基づき委託される。つまり、運転モード4へのアクセスは専門作業者のみに許可されるものであり、臨時作業員及び指導下にある作業員には(運転モード4に関する権限はなく)、運転モード1の操作しか許可されない(前述参照)。

運転モード4は、人件費の増加と使用できる機能の制限により、他にとるべき方法がない、やむを得ないケースにおいてしか選択されない。運転モード1での製造が、2つの理由により、はるかに経済的であることは明らかである。制限されない製造テクノロジーは運転モード1にしかなく、さらに運転モード1での人件費はより少なくて済むからである(見習い、臨時作業員でも可能)。

総合すると、第4の運転モードの保護コンセプトには、15の安全方策が含まれる。第3の運転モードに関するEN 12417の規格基準との唯一の違いは、イネーブルスイッチが使用されないことにある。

5.2.3 自己復帰形コマンドスイッチ(指令装置)は現実に対応していない!

先に示した事例では、自己復帰形コマンドスイッチ(イネーブルスイッチ、図6左および図7参照)は、図4、9、11からわかるように、処理制御に両手がとられ、また長時間にわたる操作は不可能なため(図4参照)使用できない。
このことは、仕上げ加工においてはさらに強調される。仕上げ加工での工作物廃棄という危険は、想像するに容易い。なぜなら、この段階になると工作物には過大寸法分がないため、追加工により修正を施すことはできないからである。このため、第4の運転モードの果たす役割は、ここでは特に重要である。
しかし、両者共、運転モード4の使用の不可避性を証明するためには、決定的な根拠を調査し、立証しなければならない。これは、見積りの早期段階で実施する必要がある。

第4の運転モードに関する安全コンセプトを開発するに当たって十分考慮しなければならないのは、実際のさまざまな加工・製造状況に即した運転モードがない場合には、オペレータが、安全防護物の無効化により独自の「特別運転モード」を実行してしまうことである(文献/6/参照)。
第一段階としては、第4の運転モードを用意したことにより「電気接点のバイパス」事例が明らかに少なくなっていることが実証されている(出典:Deckel Mho)。

6 プロセス監視の経済的意義

図14に、これまで十分に取り上げられることのなかった使用事例に着目し、欧州機械指令と製造プロセスの両側面の関係を示した。
当該使用者からは、平均すれば、大部分の製造プロセスに関しては、規格化された方法により、欧州で合意された保護目標は達成できると報告されている。しかし、一部ではあるが、安全および健康に関する基本的要求事項を順守するためには、前述の代案となる安全性の考え方を選択しなければならない難しい加工処理もある。そうでないと、安全防護物が無効化(例えばガードを開放した運転)された状態で自動制御が実行されかねない。これは、機械指令(現行の98/37/EC、附属書Ⅰ、1.2.5条)の意図に反するものである。

このような状況に安全技術を配して対処するためには、本論で紹介したように、機械指令の附属書Ⅰの序文No.2に即した新しい保護コンセプトの実現が必要である。

これに関して、生産現場で生じるジレンマを、下図の、2つに分岐する矢印により示した。複雑な加工処理に適した運転モードがないために規則に合致した安全防護物を無効化する状況に陥るか、そうでなければ、当該安全規則の順守が求められないような場所に製造場所を移転する事態になることが懸念される。

このような展開は、最終的には、欧州経済の弱体化を招くことになるだろう。

したがって、産業競争力における欧州の経済政策の視点からも、マシニングセンタに関する実情に則した運転モードが求められることになる。

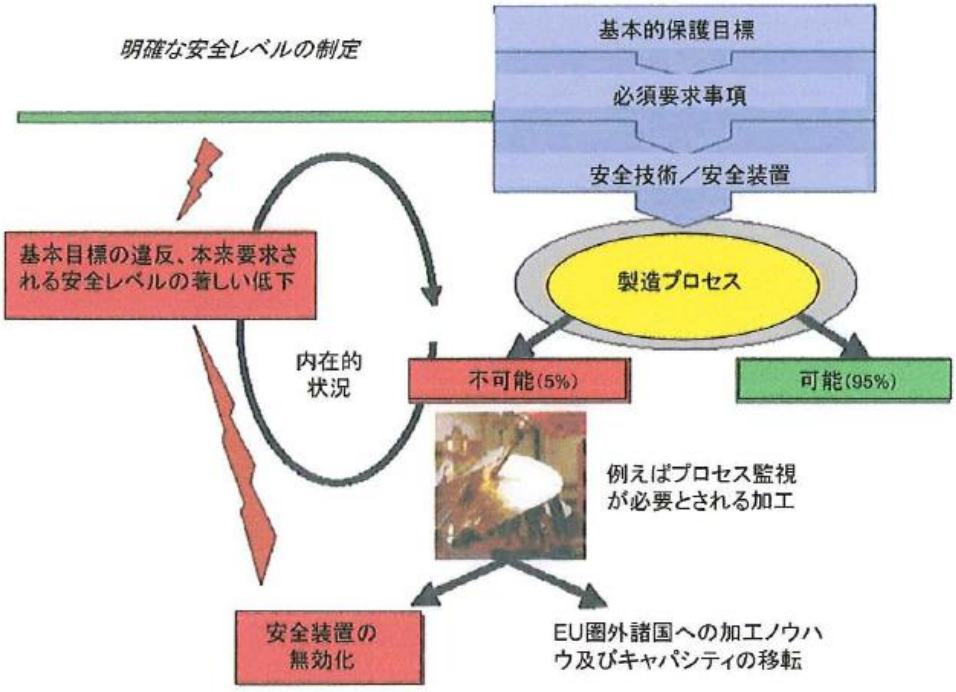


図14：欧州における法基準と経済的利益のジレンマ（出典：VDW）

7 まとめと展望

本稿の論点と共に、プロセス監視（第4の運転モード「手動介入の拡大」）に対するドイツ国内のコンセンサスをさらに具体化し、その結果を欧州規則に定着させるためには、次のステップでの合意が必要になる。

ここで繰り返し提案したいのは、ドイツ職業保険組合がVDW及びドイツの市場監督局と共同して、例えば自動車産業における典型的用途を対象とした現場レベルでの会合を設定し、欧州のパートナー諸国に、現状の第4の運転モードに関する論拠を示せるようにすることである。

本問題の出発点はマシニングセンタであったが、しかし、これは旋盤や切削盤にも該当することである。これに関しては、今後、独自の論拠を構築していく必要があるだろう。

執筆者：
Dr.-Ing. Timo Wuerz（工学博士　ティモ・ヴュルツ）
Dipl.-Ing. Heinrich Moedden（工学士　ハインリッヒ・メデン）

Verein Deutsche Werkzeugmaschinenfabriken e.V.　（ドイツ工作機械工業会）
Corneliusstrasse 4
60325 Frankfurt am Main
Tel. 069-756081-13、Fax. -11

執筆協力：
Dipl.-Ing. Wieland Link（工学士　ヴィーラント・リンク）
Sueddt. Metall-Berufsgenossenschaft（南ドイツ・金属職業保険組合）
Technischer Aussichtsdienst（技術監督官業務）
Vollmoellerstr. 11
70563 Stuttgart

Dipl.-Ing. Chrisoph Preusse（工学士　クリストフ・プロイセ）
Sueddt. Metall^Berufsgenossenschaft（南ドイツ・金属職業保険組合）
Fachausschuss Maschinenbau（機械製造専門委員会）
W.-T.-Roemheldstr.15
D-55130 Mainz

文献： ＊著者名及び編纂者名は斜体表記、日本語表題等は仮訳

/1/ *N.N.*
DIN EN 12417 „Sicherheit von Werkzeugmaschinen – Bearbeitungszentren", Deutsche Fassung der EN 12417: 2001 (DIN EN 12417 「工作機械の安全ーマシニングセンタ」)、Beuth-Verlag Berlin、2001 年 12 月発行

/2/ *EU Kommission (EU 委員会)*
Maschinenrichtlinie 98/37/EG, Anhang I, Absatz 1.2.5 Betriebsartenwachlschalter（機械指令 98/37/EC、附属書Ⅰ、1.2.5 運転モード選択スイッチ）

/3/ *Wieland Link v. Locquenghien, Christoph Preusse, Dr. Matthias Umbreit*
Prozessbeobachtung in der Fertigung（製造プロセスの監視）収録：" Die BG"（2001 年 5 月号）

/4/ *H.-J. Besser, R.Reudenbach*
Sonderbetriebsarten an CNC-Fraesmaschinen（CNC フライス盤の特別運転モード）
収録： „Sicherarbeiten"（「安全作業」2002 年 No.5）
Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft in Koeln 発行

/5/ *Dr. Matthias Umbreit 他*
Europaeische Konferenz – Sichere Produkte zur Marktueberwachung（欧州会議ー市場監視に向けた安全な製品） 収録：CD-Rom der FAS（2002 年 10 月 16～18 日、Berlin, Workshop C）

/6/ *W.Dehmel, R.Reudenbach*
Schutztueren und-Klappen mit Verriegelungseinrichtungen（インターロック付保護扉）
収録： „Sicherarbeiten"（「安全作業」2003 年 No.2）
Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft in Koeln 発行

/7/ *Dr.B.Hoffmann, R.Rostek*
BGZ-Report, Arbeitsunfallstatistik 2/99（BGZ レポート、労働災害統計）、HVBG, Sankt Augustin 発行
ISBN: 3-88383-523-4, Abschnitt 4.15 Metallbe- und verarbeitung, Fraesmaschinen bzw. Bearbeitungszentren auf Platz 5
（4.15 金属加工、フライス盤及びマシニングセンタ）

/8/ *Normenausschuss Werkzeugmaschinen im DIN im Hause des VDW (DIN 工作機械規格委員会)*
Technologie-uebergreifende Sicherheitsanforderungen und-massnahmen fuer Werkzeugmaschinen, Empfehlungen an CEN/TC 143 und seinen Arbeitsgruppen, Januar 1997, Revision Oktober 1997
（工作機械に関する技術的安全要求事項及び安全方策、CEN/TC143 及び当該作業グループへの推奨案、1997 年 1 月／改訂 1997 年 10 月）
英語版 Common Health and Safety Requirements and Measures for Machine Tools, CEN/TC 143 Dokument N181 dated January 1997

/9 a)/ *VDW（ドイツ工作機械工業会）*
Qualifikation des Bedienpersonals（オペレータの適格性）
収録： VDE Positionspapier vom April 1998（VDE ポジションペーパー、1998 年 4 月）
英語版 Necessary Qualification of Machine Tool Operators, April 1998

/9 b)/ *Wolfgang Sander*
Sicherheit durch Unterweisung(neue Informationsschrift der Berufsgenossenschaft 2003)（教育・訓練による安全、2003 年）、Norddeutsche Berufsgenossenschaft, Hannover 発行

/10/ *Masaki Nobuhiro, Kenji Miyauchi 他*
The International-Standard Complied 3-Position Enabling Switch Developed Based on Ergonomics and its Application（国際規格に準拠、人間工学に配慮した 3 ポジションイネーブルスイッチ）
収録： IDEC Review 2002 Vol.18 No.1
ドイツ語カタログ Zustimmungsschalter HE, IDEC: Mehr Sicherheit durch 3 stufige Zustimmungsschalter, 2002

/11/ *Dr.Alfred Neudoerfer*
Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte (2.Aufgabe 2002), Kapitel 4.3 Verhalten des Menschen im Arbeitsbereich（安全な機械の設計 2002 年第 2 版、4.3 作業領域における人の行動、）
TU Darmstadt, ISBN 3-540-42480-6

出典：http://www.vdw.de/bin/load_file_inter.pl?p_bereich=technik&p_paket_id=6&p_dok_id=10002307&p_sprache=d&p_typ=doc
翻訳：20080619Sh・シュメアザール日本支社

添付資料１　日本国内での活用研究の調査１

平成18年度 経済産業省基準認証研究開発事業
評価委員会

「RFID 特定化技術の安全応用とその標準化」

WG3A

活動成果報告

2007年 2月 2日

NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

WGメンバー

飯田龍也	オムロン株式会社
大塚　裕	オムロン株式会社
松本　敦	IDEC株式会社
出頭　学	IDEC株式会社
下川孝弘	IDEC株式会社
古川裕明	SUNX株式会社
中山今日太	SUNX株式会社
田中　隆	松下電工株式会社
越　俊樹	株式会社山武

NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

目次

◆本テーマの背景と目的 ・・・ 4
◆3年間の活動計画と結果 ・・・ 5
◆2004年度の成果 ・・・ 6
◆2005年度の成果 ・・・ 7
◆2006年度の成果 ・・・ 8
1.規格原案の作成
①ターゲットの選定 ・・・ 9
②追加/修正事項の検討 ・・・10～15
2.ユーザー団体との意見交換 ・・・16
3.他研究機関との意見交換 ・・・17
4.国内審議団体へのアプローチ ・・・18
◆今後の標準化の計画と課題 ・・・19

NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

本テーマの背景および目的

RFID 特定化技術の安全への応用とその標準化（WG3A）

RFIDは非接触でデータの読み出しと書き換えが（Read & Write）可能で、「もの」と「情報」との一元化ができることから、生産現場では「生産品種」「機種」「ロット管理」「履歴管理」「検査情報管理」などの特定化情報や履歴情報の管理に用いられている。

昨今、国際安全規格の浸透により、機械のリスク低減の方策としてドアインターロックスイッチなど安全機器の導入が進みつつある。しかしながら、安全機器を導入したとしても、全てがそれを正しく理解し使用しているとは言い切れない。設計者もそうだが、現場の作業者や保全担当者のレベルにもバラツキがあり、正しく使用、メンテナンスされていないことが原因で災害に繋がるケースも見受けられる。

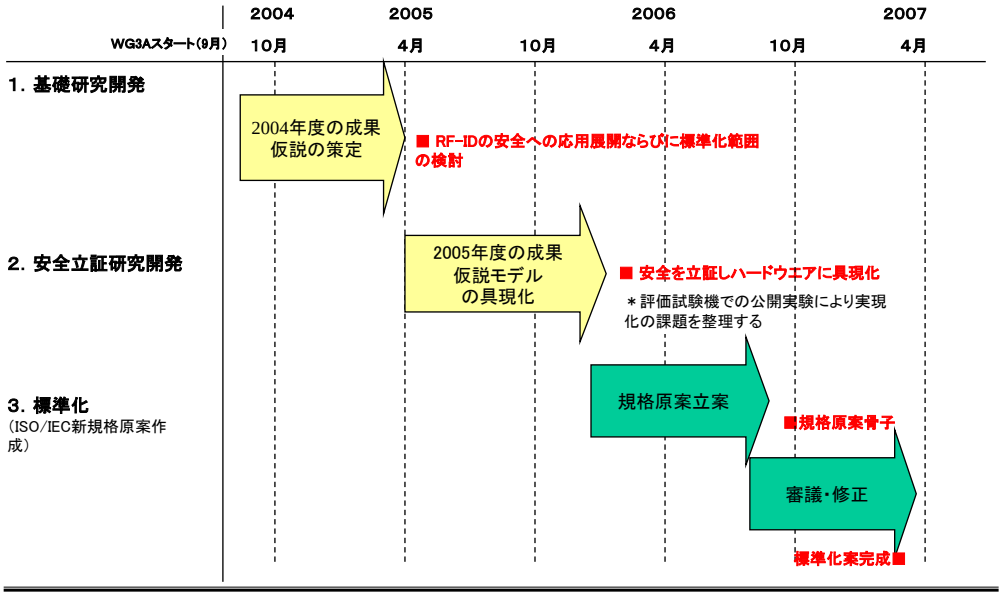
そこで、RFIDの特長である「特定化」と「履歴管理」を安全に応用することで、（例えば作業者のレベルに応じて作業を制限するとか危険領域へのアクセスを制限するなどの「作業者の特定化」）このような問題点が解決できないか研究・開発を行う。

また、RFIDの安全への応用は、まだ具現化されておらず、本研究では、日本発の国際規格提案を目指す標準化を最終目標に検討を行う。

NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

3年間の活動計画と結果

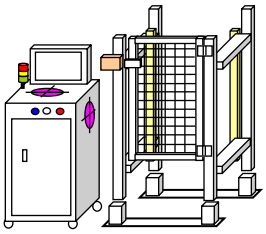


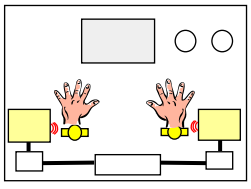
NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

2004年度の成果

・RFIDの安全への応用範囲の仮説を3つ策定した。
　モデル1） アクセスコントロールへの応用
　モデル2） 起動/再起動への応用
　モデル3） エリア内進入検知への応用
・仮説をもとに欧州を訪問しIEC/TC44, TUV-SUD, BGIAを訪問し意見交換するとともに今後の活動の方向性に対するするアドバイスを得た。
・仮説のイメージを具体化し、検証するための動作モデルの構想を策定し、製作に着手することができた。


＜モデル1＞


＜モデル2＞

＜欧州訪問＞

NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

2005年度の成果

1. 仮説検証のための評価試験機を完成させた。
2. 国際学会(SIAS)で仮説論文を発表し、賛同者を得た。
3. 評価試験機を使い、公開検証実験をおこなった。
4. IEC/TC65にアドバイザリーとしての協力の約束を得た。

＜仮説論文発表＞

＜公開検証試験＞

NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

2006年度の成果

1. 規格原案を作成
   - -ターゲットとする規格の選定(ISO11161, ISO13851)
   - -追加/修正事項の検討
   - -Draft 案作成
2. ユーザー団体(安全技術応用研究会)との意見交換
3. 他研究機関(産業安全研究所)との意見交換、評価試験機の設置
4. 国内審議団体(TC199)へのアプローチ

NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

規格原案の作成　①ターゲットの選定

以下の二つの国際規格を改正提案のターゲットに選んだ

モデル　（2004年）	具体化(2005年)	ターゲット
1.「アクセスコントロールへの応用」 •作業者を、安全スキルと責任範囲によって層別化することにより安全を確保できる •同一領域内へのアクセスの履歴を管理することにより複数人作業を安全化できる		ISO11161 産業用自動化システム －統合生産システムの安全性－ －基本的必要条件－
2.「起動/再起動への応用」 •RFIDを両手起動装置に応用することで作業者の人間工学な負荷を低減できる •作業者を、安全スキルと責任範囲によって層別化することにより安全を確保できる		ISO13851 両手操作式装置 －機能的側面及び設計原則－

NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

規格原案の作成　②追加/修正事項の検討 1-1

1.「アクセスコントロールへの応用」

ISO11161本文で作業種別の作業者訓練に言及した部分

「使用者は、システムのプログラミング、運転、保守あるいは修理を行う要員が充分な訓練を受け、与えられた課業を安全に行う能力を有することを確認しなければならない。」（7.2訓練）

「システム、システムの各領域および個々の機器において作業を担当する要員は、そのシステムに関する危険、及びそれに対する安全手段について適切な訓練を受けたもので無ければならない。」（要員に対する必要条件）

「保守および修理を行う要員は、その課業のために必要な作業について充分な訓練を受けなければならない。」（保守、および修理）

INPUT

RFIDによる情報化

どのような作業に関する技能をどの程度有しているか、作業者情報をパラメータ化する

NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

規格原案の作成　②追加/修正事項の検討 1-2

1.「アクセスコントロールへの応用」

ISO11161本文で作業者スキルに応じた作業限定に言及した部分

「運転員または他の特定の者のみが行う(たとえばキースイッチあるいは暗証コードを用いる)」「局地的な運転が行われる機械やその関連機器の制御は、システムの運転員が直接行わなければならない。」(5.9 局地的な運転)

「ープログラミングを行うシステム、あるいはシステムの部分は、危険防止区域にいるプログラマによってのみ操作が管理されること。」

OUTPUT

RFIDによる情報化

パラメータによって、認可された作業か否かを判断する

NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

規格原案の作成　②追加/修正事項の検討1-3

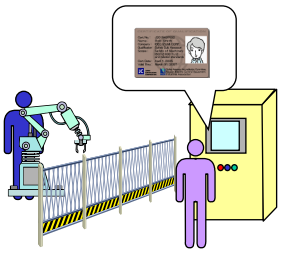
1.「アクセスコントロールへの応用」

ISO11161本文で複数人による作業の手順に言及した部分

「システムの異常箇所の修正を危険防止区域の内部で行う必要がある場合には、危険の原因となるエネルギー源を遮断(できれば施錠)したあとに行わなければならない。誤って危険な動作が起動しないように、付加的な対策も必要である。
システムが周囲から完全に見えにくい場合には、通知や警告表示によって、異常の修正を行っている場所に注意が向けられるようにしなければならない」(8.9異常の修正)

「正常運転の始動は、**すべての要員が危険領域から退出し**、危険防止設備が機能する状態に復帰された上で、正常な始動操作によって開始されなければならない」(8.10保守および修理完了後のシステムの再始動手順)

RFIDによる履歴管理



危険領域内部に何人いるのか？だれなのか？アクセスの履歴を管理することにより把握する

NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

規格原案の作成　②追加/修正事項の検討 2-1

2.「起動/再起動への応用」

ISO13851本文で人間工学的要求事項に言及した部分

「優れた人間工学的原則（EN894-3参照）と両手操作式装置の無効化、又は突発的作動を防止するための設計との間には、矛盾が生じることがある。
安全を実現するための手段及び措置は次のものの間のバランスを反映したものである必要がある。
－優れた人間工学的原則に従う必要性。」
（9.1人間工学的要求事項）

現状の問題点
・押しボタンの操作荷重のため、繰り返し作業は肉体的負担となる
・押しボタン操作時の操作位置の精度が要求されるため、心理的ストレスになる

RFIDによる効果

・**非接触式**のデータ通信のため繰り返し操作による作業者の**疲労を軽減**させることができる
・ある程度広い交信エリアがあるため位置決めの**ストレスがない**

NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

規格原案の作成　②追加/修正事項の検討 2-2

2.「起動/再起動への応用」

国際規格ISO13851に規定された両手操作式装置にRFIDを応用することにより、スイッチなど従来のメカニカルな部品で構成されたシステムでは難しかった問題点の克服とさらなる安全性の向上を実現できる。

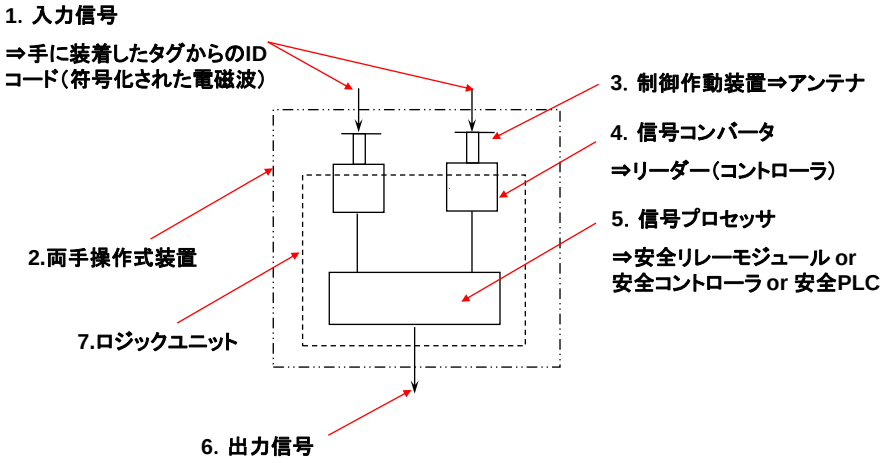
	従来の両手操作式装置 （メカ式スイッチなど）	RFIDを用いた両手操作式装置
人間工学的要素	・押しボタンの操作荷重のため、繰り返し作業は肉体的負担となる ・押しボタン操作時の操作位置の精度が要求されるため、心理的ストレスになる	・非接触式のデータ通信のため繰り返し操作による作業者の疲労を軽減させることができる ・ある程度広い交信エリアがあるため位置決めのストレスがない
不正な操作に対する耐性	・2人の作業者が押すという不正使用に対処できない。	・作業者を個別に特定できるため複数人による同時押しなどの不正使用は困難
安全管理	装置関係者以外の第3者でも起動可能	RFIDタグを持たない第3者の起動不可。 さらにタグを記録媒体として活用することで、 ・作業履歴の管理 ・作業者のスキルに応じた許可や制限 など、装置関係者に対してきめ細かい安全管理が可能となる。

NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

規格原案の作成　②追加/修正事項の検討 2-3

2.「起動/再起動への応用」

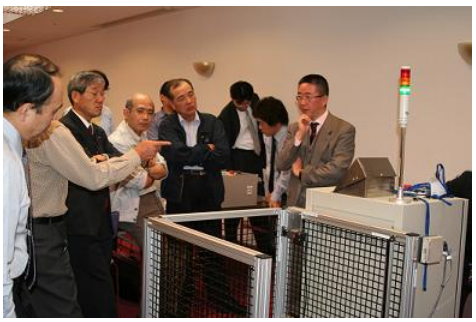


NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

ユーザー団体との意見交換

安全技術応用研究会の月例会に参加し「RFIDの安全への応用」をテーマに同研究会の参加メンバーと意見交換をおこなった



代表的な意見：
-アクセスコントロールのアイデアはおもしろい。使い勝手や非常停止後のリカバリー等、実用のための検討がさらに必要。
-工事現場や機械据付時の工事区域アクセスコントロールに使えるかもしれない。
-実際の運用で受け入れられるかが不明。（MTTRの増加やIDの管理など）
-非常停止後の再起動は全員の退出確認が必要。（始業時に作業者全員が危険エリア外で登録作業をする）

NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

他研究機関（産業安全研究所）との意見交換

産業安全研究所と「RFIDの安全への応用」をテーマに意見交換をおこなった。
同研究所の研究プロジェクトの中でWG3Aの評価試験機を継続して検討していただき完成度を高めることで合意した。

1.「起動・再起動」でのタグの取り付け場所に関して
産安研：手袋にタグが好ましい
（水分の影響、 指輪⇒金属アレルギー、首下げ⇒巻き込まれ）
2.「アクセスコントロール」での共連れ防止対策について
産安研：タグは頭上（ヘルメット）に取付け
3. 個人情報に対するケア
産安研：タグに情報を持たせず、ホストにもたせるべきでは？
WG3A：実運用上タグにもたせたほうが、構築しやすい。タグの情報を暗号化したほうがいいのでは？
4. その他RFID共通の課題
13.56MHz 金属、水分の影響、データの正常性の確認（2重化）、電磁波の人体への影響などについてさらに研究するべき

NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

国内審議団体（TC199）へのアプローチ

ISO11161、ISO13851両規格の国内審議団体であるTC199にアプローチしWG3Aの改正提案の骨子を説明した

「アクセスの安全化」のISO11161への提案に対するTC199 の見解

・ISO11161は内容が大まかであり個々のアプリケーションの規定がマッチするか疑問がある。11161ではなくCレベルの統合生産システムたとえばANSI/RIA 15.06などのほうがマッチするのではないか
・ISO11161を使い易くするガイドラインを作成する国内ワーキングができたのでそちらに紹介していただき進めることになった

「起動/再起動の安全化」のISO13851への提案に対するTC199の見解

・人間工学的な負担軽減と言う意味では可能性はある
・ISO13851は細かい実現手段の言及はないためRFIDという個別デバイスを強調できるかは難しい。
・機械指令では付属書IVのデバイスであり安全の立証には技術的にもハードルがある

NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

今後の標準化の計画と課題

「特定化技術」を人物に応用し安全管理に役立てることの潜在的なニーズがあることがわかった。そしてその最も実用的な実現手段としてRFIDを応用することの可能性を確認できた。しかしそれを国際標準規格として提案するまでには、そのコアとなるデバイスの実現と検証そして実用面での作りこみが不可欠であると認識した（製品開発）。

今後はこの規格原案を実現できるデバイスのものづくりを目指し、ユーザーや他研究機関と連携の上で可能性を検討する。デバイスの実現と検証が完了した折には規格の国際標準化に向けた活動を再開したい。

NECA all rights reserved.

CONFIDENTIAL

添付資料２　日本国内での活用研究の調査２

RFIDを用いた木材加工用機械用安全システムに関する研究
―危険点近接作業における安全監視空間の提案―

独立行政法人　労働安全衛生総合研究所
機械システム安全研究グループ
清水尚憲　梅崎重夫

National Institute of Industrial Safety

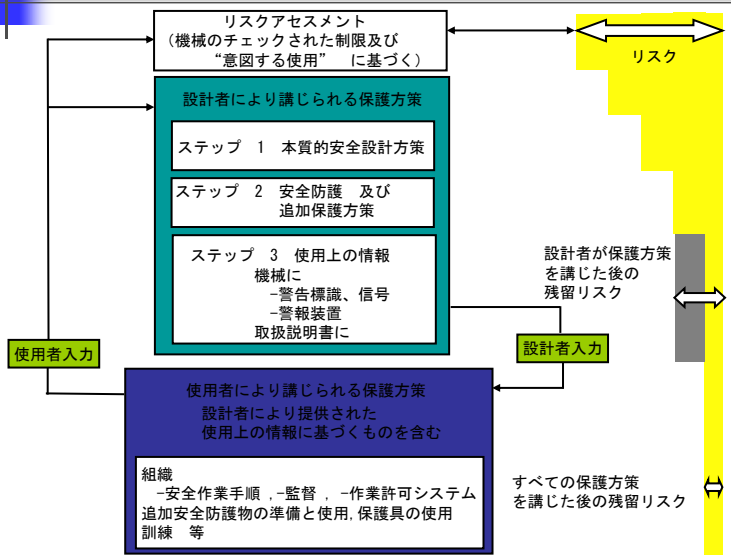
はじめに

- 機械作業の中には、作業者が機械の可動部を停止させずに、可動部に接近した状態で行う運転確認、調整、加工、トラブル処理、保守、点検、修理、清掃、除去などの作業がある。これらの作業を危険点近接作業と呼ぶ。
- この作業に関連した労働災害は，産業機械による死亡労働災害（事故の型が「挟まれ・巻き込まれ」と「激突され」に限る）の44.2%を占めている。したがって，この作業に対する適切なリスク低減戦略を確立できれば，労働災害の大幅な減少が期待できる。

原則
本質安全設計、停止と隔離による安全対策
→ 原則が成り立たない場合の対策
危険点近接作業でのリスク低減戦略

National Institute of Industrial Safety

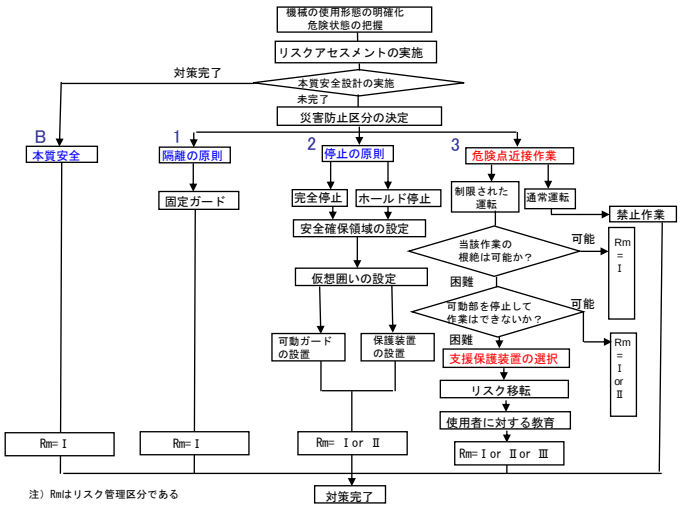
設計者の観点によるリスク低減プロセス（ISO12100-1）



National Institute of Industrial Safety

NECA2008[1].12.18a.ppt

災害防止戦略の提案



National Institute of Industrial Safety

支援保護装置の提案

支援保護装置とは…

保護装置だけでは適切なリスク低減が達成できないが、作業者などによる人的災害防止対策を併用することで、相当のリスク低減効果が期待できる支援的な保護装置

支援保護装置
- ○ブランキング機能を備えたアルミサッシ加工用の光線式安全装置
- ○フローティング機能を備えたロール機用光線式安全装置
- ○木材加工機械用人体検出装置

National Institute of Industrial Safety

木材加工用機械による作業

つり下げ式可動ガード

木材がガードを押すとガードが開くが、手で押しても開いてしまう

木材に手を添えて、ノコ歯に近接した形で作業を行う

National Institute of Industrial Safety

最適な安全監視空間の条件

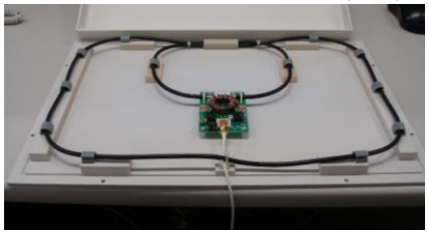
- 安全が確認される空間が、システムの故障や劣化により危険空間と重ならないこと

National Institute of Industrial Safety

解析のモデル化

RFIDリーダライタアンテナ部外観

RFIDリーダライタアンテナ部内部

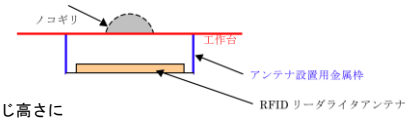


National Institute of Industrial Safety

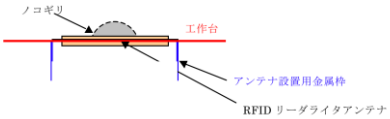
解析のモデル化

○RFIDリーダライタアンテナを設置する位置の違いや
周辺工作物の有無が与える影響を確かめる。

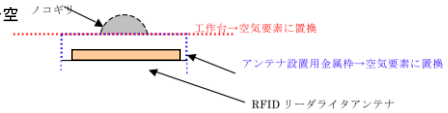
「BOTTOMモデル」
基本ケースは、アンテナ設置用金属枠の底面にRFIDリーダライタアンテナを設置したモデルとする。



「TOPモデル」
RFIDリーダライタアンテナの設置高さを、工作台作業面と同じ高さにしたモデルに変更した。

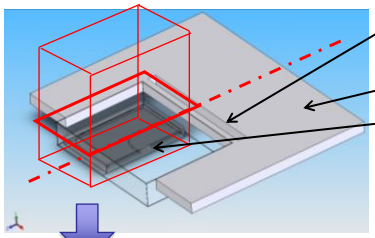


「FREEモデル」
RFIDリーダライタアンテナの設置位置は、基本ケースと同じするが周辺工作物がないモデルに変更した。方法としては、基本ケースのモデル形状はそのまま用いるが、周辺工作物の材料を空気要素に置換したモデルを作成した。



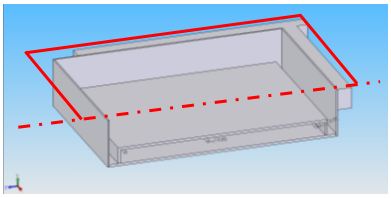
National Institute of Industrial Safety

全体モデル

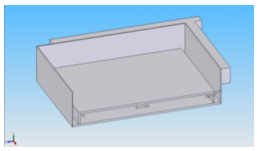


ノコ歯の位置
工作台
アンテナの位置

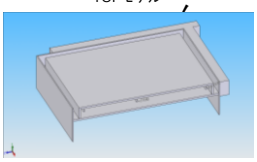
解析対象モデル



BOTTOMモデル（FREEモデル）



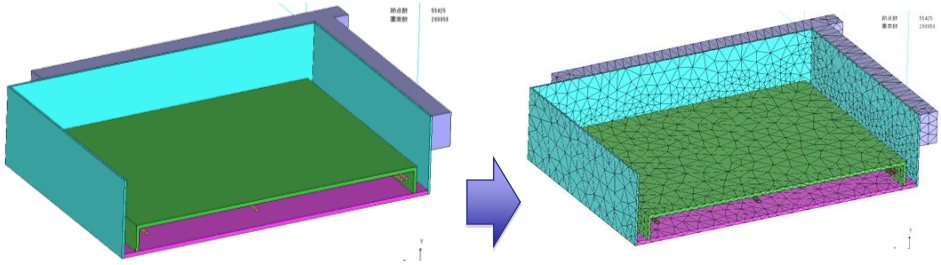
TOPモデル



National Institute of Industrial Safety

磁場のFEM解析

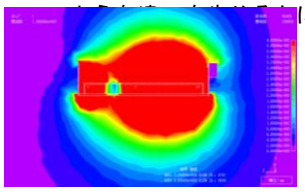
JMAGの自動メッシュ分割機能



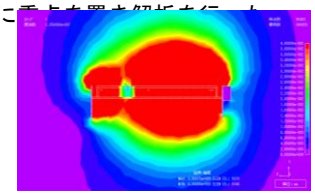
National Institute of Industrial Safety

磁場のFEM解析結果

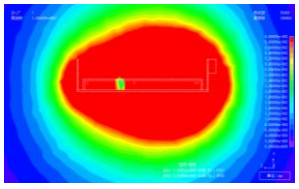
IDタグが応答するのに必要な強さの誘起電圧が得られた場合、IDタグは応答を行う。この誘起電圧は、アンテナの磁束の強さとIDタグのコイルの巻数に依存する。
上記のことを勘案し、RFIDリーダライタアンテナにより発生する磁場の状態に着目した。特にRFIDリーダライタアンテナを取り巻く環境により磁場の状態にどの[illegible]に重点を置き解析を行った。



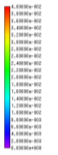
BOTTOMモデル



TOPモデル



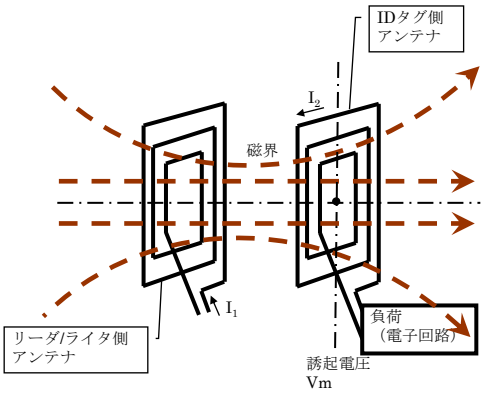
FREEモデル



単位 A/m

アンテナと金属との位置関係により磁場の分布形状が決まってきていることがわかるが、このことは逆に事前のシミュレーションにより、所用の磁場形状を得るためにはどこにアンテナを設置し周辺のどこの位置に金属部品を配置すれば良いかをあらかじめを予測できる可能性があると言える。

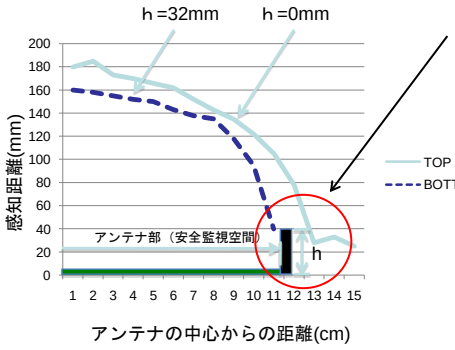
National Institute of Industrial Safety



13.56MHzのパッシブ型RFIDは、電磁誘導方式を用いて、リーダ/ライターIDタグ間通信を行っている。よって、IDタグが応答するのに必要な強さの誘起電圧が得られた場合、IDタグは応答を行う。この誘起電圧は、アンテナの磁束の強さとIDタグのコイルの巻数に依存する。

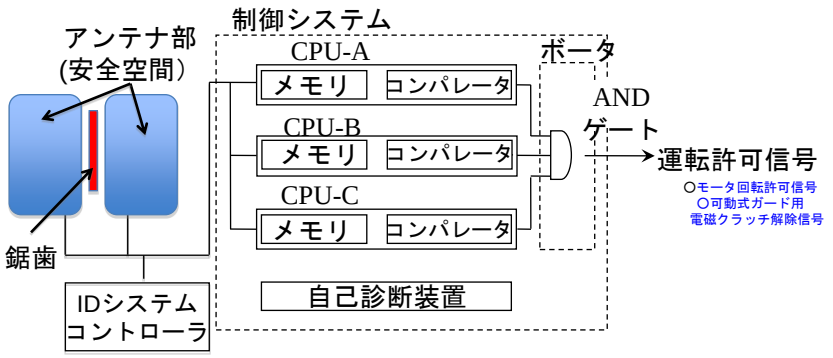
今回のシミュレーション試行においては、リーダ/ライタの磁界・磁束・電界分布特性のシミュレーションの可否を検討し、リーダ/ライタの特性や組込み対象の工作機械の形状、材質、リーダ/ライタの組込み位置による磁界・磁束・電界の特性変動をシミュレーション可能である事が分かった。

安全監視空間の実測実験結果



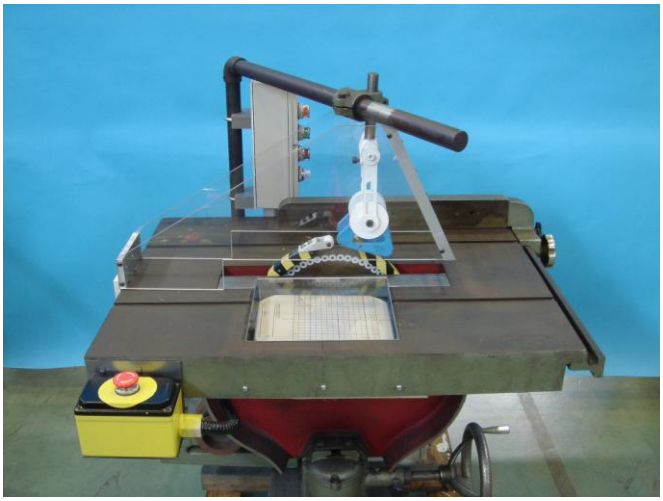
BOTTOMモデルは、シミュレーション結果同様に遮蔽板の効果により、遮蔽板外への安全監視空間の張り出しが除去されている

木工機械用装置の基本構成図



National Institute of Industrial Safety

木工機械用安全システム



National Institute of Industrial Safety

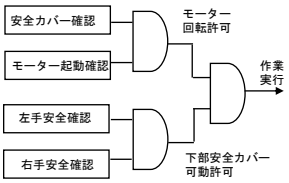
木工機械用の支援防護装置

○支援防護装置のリスク低減策
　手指が安全領域にある時のみ、下部安全カバーの動きを許可し、安全が確認できない場合は、固定する。⇨設備

○人的リスク低減策
　ICタグ内蔵手袋を作業前に装着する。⇨訓練

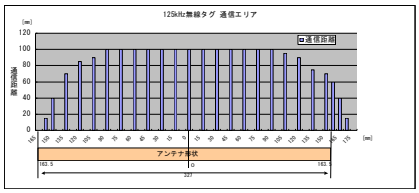
National Institute of Industrial Safety

木工機械用の支援防護装置



木工作業実行条件

実験の様子



ICタグ受信特性実験結果

National Institute of Industrial Safety

まとめと今後の課題

〇支援保護装置という新たな概念を導入し、典型的な危険点近接作業である木材加工用機械を対象とした安全システムの提案を行った。
〇安全監視空間の最適な設計を行うための要件を明確にするとともに、RFIDシステムの高度化を検討する。

添付資料３　欧州調査報告１

１.事 業 名　　産業オートメーションシステムの安全技術に関する国際共同研究テーマの発掘調査研究

２.団 体 名　　ＮＥＣＡ

３.出張目的　　「産業オートメーションシステムの安全技術に関する国際共同研究テーマの発掘調査研究」の一貫として、欧州における安全制御機器の最新動向調査のため

４.出 張 者　　福井秀利（ＩＤＥＣ株式会社）

５.同 行 者　　ー

６.出 張 先　　ドイツ（ニュルンベルグ）

７.面 談 者　　Mr. Martin Schwarz (KEBA 社)
Mr. Ralf Bachner (EUCHNER 社)
Mr. Ryuichi Okamura (SCHMERSAL 社)

８.日　程

11/23（日）　：関空発ーニュルンベルグ着　　（ニュルンベルグ泊）
11/24（月）　：事前準備　　（ニュルンベルグ泊）
11/25（火）　：EUCHNER 社面談（SPS/IPC/DRIVES 展示会場）　（ニュルンベルグ泊）
11/26（水）　：SPS/IPC/DRIVES 展示会見学　　（ニュルンベルグ泊）
11/27（木）　：KEBA 社、SCHMERSAL 社面談（SPS/IPC/DRIVES 展示会場）
11/28（金）　：ニュルンベルグ発　　（機中泊）
11/29（土）　：帰国（関空着）

９．概要

「産業オートメーションシステムの安全技術に関する国際共同研究テーマの発掘調査研究」の一貫として、欧州における安全制御機器の最新動向調査のため、ドイツ　ニュルンベルグ・メッセで開催された SPS/IPC/DRIVES(11/25～27)を訪問した。調査の中では、通信技術を中心とした新たな Safety 技術の探索を行った。特に RFID 技術に注目し安全技術に応用できないか調査を行った。RFID は単なる無線の利便性だけでなく既存の安全技術では実現が困難な作業者の特定化が可能であり、またユニークな ID を持ち、偽造が困難なことから作業現場での安全機能の無効化防止も可能となる。

報告内容

・展示会の概要

SPS/IPC/DRIVES は PLC(=SPS)や工業用 PC(=IPC),モーション制御(=DRIVES)を中心とした展示会であり、1386 の出展者が下記 6 つのゾーンにわかれて展示していた。

① Control Technology

② Electric Drives/Motion Control

③ Interface Technology

④ Sensors

⑤ Software

⑥ Mechanical Systems and Periphery

・内容報告

＜面談内容＞

KEBA 社 Martin Schwarz 氏

RFID を使用する目的は作業を始める前に操作者を特定し、資格を持った操作者に操作を限定するため、および操作者の履歴を管理するためである。

KEBA 社には RFID を使ってユーザーを特定するシステムとして図 3 の様なスタンドアローンのタイプと機械設備や表示デバイスに組み込んで使用する組込みタイプのものがあり､それぞれにシリアルインタフェイスの Classic タイプと USB インタフェイスの ECO タイプがある。

組込みタイプのものを使用した製品として、KEBA 社のブースには図 1 のような HMI パネルが出展されていた。

図 1:HMIパネル(KEBA 社)

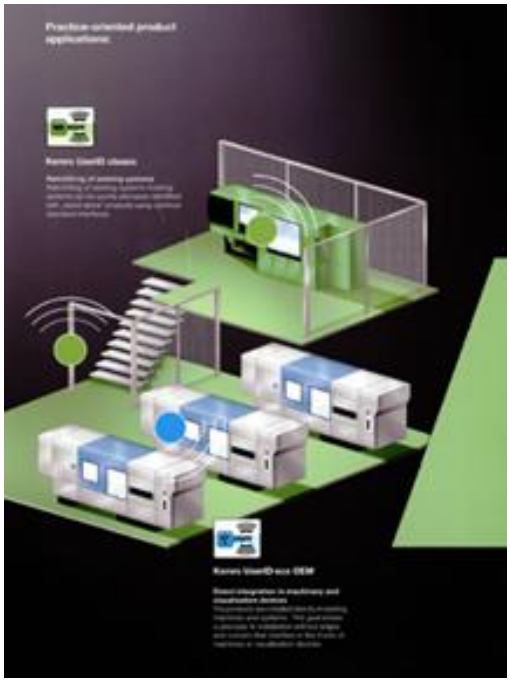


図 2:アプリケーション例（KEBA 社カタログ抜粋）　　図 3:製品シリーズ（KEBA 社カタログ抜粋）

EUCHNER 社　Ralf Bachner 氏

安全のアプリケーションに使用するには、危険時に電源を遮断するための 2 重化された出力が必要である。製品として、図 4 の RFID を使った電子キーが EUCHNER 社から出展されていた。この製品は電子キーがアダプタに入っていない、もしくは電子キーを正常にリードすることができない場合に、図 5 のように電源を遮断するための 2 重化された出力を持っている。

ただし、この製品自体は国際安全規格を満たしていないため、他の保護方策で安全を確保する必要があるとのことであった。安全システムで使用する際、IDデータが書換えられたときに検出できない問題が残っている。

図 4:電子キー(EUCHNER 社　カタログ抜粋)

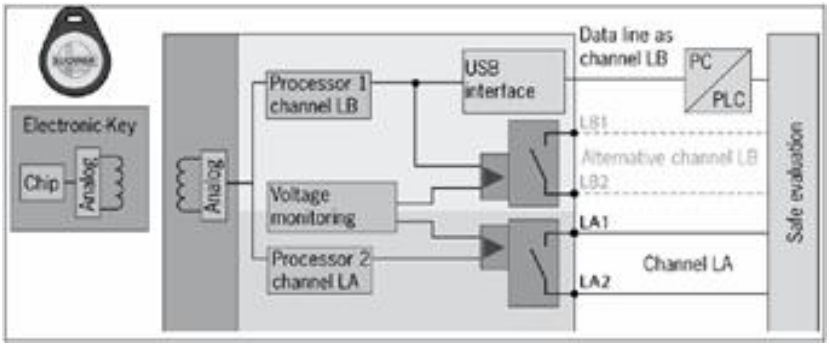


図 5:接続図(EUCHNER 社　マニュアル抜粋)

SCHMERSAL 社　Ryuichi Okamura 氏

SCHMERSAL グループから発表された ESALAN ワイヤレスシステムは無線通信を行う際、図 6 のように通信回線に 433MHz と 869MHz のヨーロッパではライセンス不要な 2 つの周波数を使用している。これは、安全信号を 2 重化することが目的ではなく堅牢性を高めて回線が切れにくくすることが目的である。図 7 のように受信するデータがないもしくは矛盾したデータを受け取るなどの通信エラーが 7 回発生した場合も 8 回目のデータが正常であれば動作し続ける。

データは図 8 のように初めに 14 ビットのスタートデータ、続けて 20 ビットの ID データ、8 ビットの IO データ、4 ビットのカウントデータ、4 ビットの追加データ、22 ビットのチェックサムデータで構成されている。

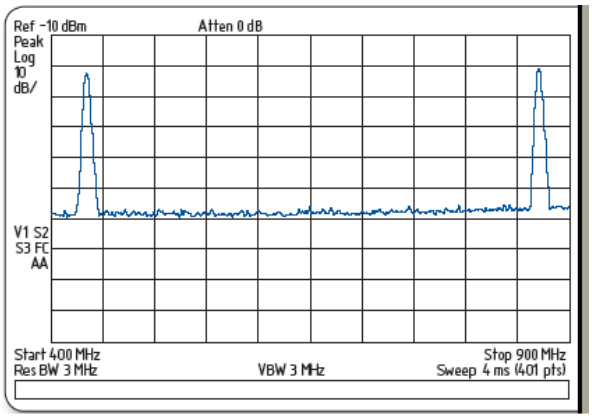


図 6：通信に使用している周波数（カタログ抜粋）

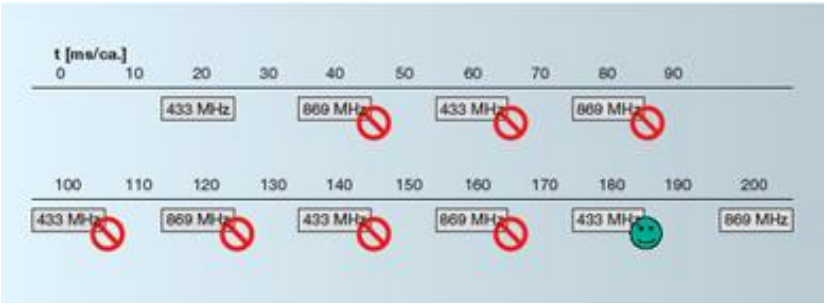


図 7：通信エラーについて（カタログ抜粋）

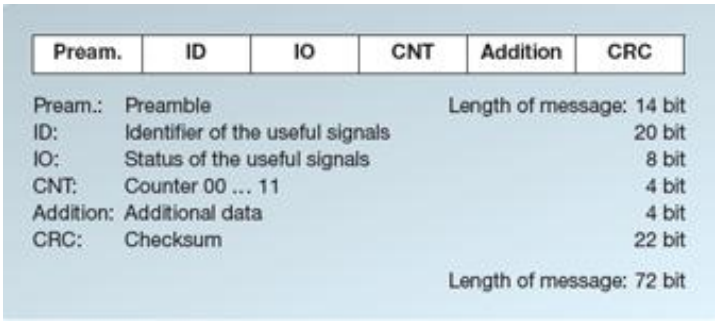


図 8：メッセージデータの構成（カタログ抜粋）

製品として、図 9 の ELAN 社製の安全無線通信システムが展示されていた。ESALAN ワイヤレスが使用されている実例としては、金属板加工、液圧プレス、印刷機、製紙機、倉庫などがあるとのこと。なお、現在のところ電波法の問題があり、日本国内で使用することはできないとのことであった。

図 9:安全無線通信システム（SCHMERSAL 社　※機器は ELAN 社製）

＜展示会見学＞

展示会の中で、10 社以上のメーカが RFID を使用したコンポーネントを展示していた。

HUBER+SUHNER 社は大型アンテナを活用したエンジニアリング会社で、図 10 のような流通管理用途で使用されている RFID 機器を展示していた。

図 10 管理用途に使用される RFID 機器（HUBER++SUHNER 社カタログ抜粋）

Balluff 社は図 11 に示す RFID 機器一覧のように 125kHz～13.56MHz の各種 ID があり、TAG も多様であった。

図 11：RFID 機器一覧（Balluff 社カタログ抜粋）

Contrinex 社は図 12 の過酷な環境下でも使用可能な金属製の RFID 機器を展示していた。

Radio Frequency Identification
System (RFID)
10011010
011100
11001001
Highlights:
– Transponders with 2 kbit of read/write memory
– Impervious transponders in all-metal housings
– Compact read/write modules
– Read/write modules in all-metal housings
– Interface devices for connection to Profibus, DeviceNet and RS485
– Possibility to connect up to 4 read/write modules per interface device
– User-friendly software
CONTRINEX

図 12:RFID 機器(CONTRINEX 社カタログ抜粋)

Lenze electronic 社には読み取り距離が 700mm の長距離タイプも展示されていた。

図 13：RFID システム機器（Lenze electronic 社カタログ抜粋）

Schneider Electric 社では、グループ会社である Telemecanique 社の RFID 機器が展示されていた。

図 14：RFID システム機器（Schneider Electric 社カタログ抜粋）

他に Ifm-electronic 社、SICK Vertrieb 社などにも RFID を使用した機器が展示されていた。

以上のメーカで展示されていた RFID 機器は、安全用途では使用されておらず、読み取り距離が 10mm 前後のツール用途のものと、数 100mm の流通用途のものであった。

RFID を展示しているメーカの中で、RFID を安全へ応用した例として P3 の面談内容に記載した Euchner 社の電子キーの他にも、Pilz 社は図 15 の RFID を用いた可動ガードの位置を監視する安全スイッチを出展していた。通常の非接触の安全スイッチに比べ、コード化することによって不正操作を防止することが目的である。

図 15：RFID を用いた安全スイッチ（Pilz 社）

また、SIEMENS 社からは図 16 の無線ペンダントが出展されていた。説明員と情報交換を行ったところによると、作業を始める前（ログイン時）にどの機械を操作するかを RFID によってペンダントに認識させている。これは、無線ペンダントの不正使用および意図しない機械の動作を防止することが目的である、また、この無線ペンダントの安全信号の無線通信について、通信自体は 2 重化されておらず PROFIsafe のプロトコルによって安全性が保証されている。

また、ペンダントが無線であることにより、どこにでも持ち出しすることができてしまうが、図 17 トランスポンダによってイネーブルスイッチの有効範囲が限定される。

当該ペンダントは図 18 に示すように本体のほかにアクセスポイント、トランスポンダ、バッテリの充電ステーションなどから構成される。

図 16：無線ペンダント（SIEMENS 社）

図 17:アクセサリ類(カタログ抜粋)

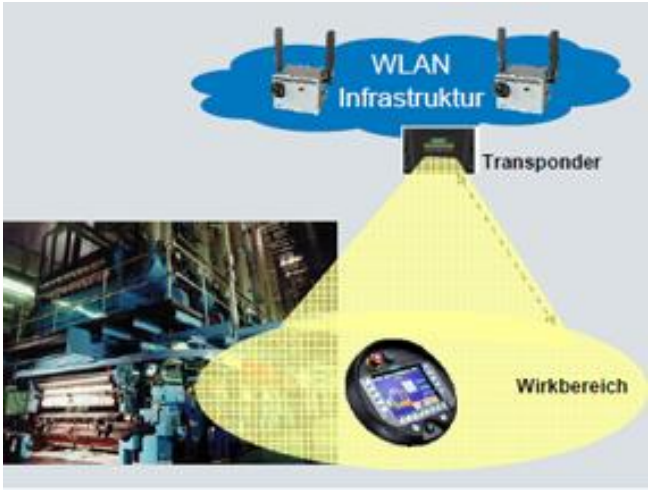


図 18:ペンダントの使用について(SIEMENS 社ホームページの資料より抜粋)

RFID ではないが、安全無線を使った製品として、DOLD 社から図 19 の安全無線通信モジュールが出展されていた。

図 19：安全無線通信モジュール（DOLD 社）

所感

ISO、IEC を中心とした国際安全規格の提案および制定で中心となり、さらに多くの安全機器メーカが存在するドイツで行われた本展示会を見学し、安全製品に対する欧州市場の動きを見て、国際安全規格の提案などグローバルで工業会の事業発展を目指すためには、今後も技術動向を把握していく必要性を実感した。

PROFIBUS、AS-i などを中心としたフィールドネットワークや PROFINET を中心としたリアルタイムイーサネットなどの有線の通信だけでなく無線通信の展示も年々増加しており、工場内での無線通信の需要に対し、各メーカが対応し始めていることを感じる。また、有線の通信で起こったパラダイムシフトと同様に安全信号を無線でやりとりする安全無線通信に取り組んでいるメーカも数社あり、今後は日本国内でも無線化が進むと思われ、今後も安全機器の無線化の動向を見守る必要があると感じる。

安全信号の無線化の課題としては、すでに製品化されていた SIEMENS 社の無線ペンダントを例にとると、通信が混雑したときに非常停止のレスポンスが遅れることなどが考えられる。RFID についても操作者を限定する用途、および履歴を管理する用途として、HMI パネルにも使用されており、無線のティーチングペンダントや非接触安全スイッチなどの安全機器に対する RFID の応用例もあることなどから、今後日本国内でも安全への関心や要求は増加することが確実であり、無線通信技術とりわけ RFID 技術を安全へ応用するために、技術の発達および標準化が必要であると感じる。

以　上

添付資料４　欧州調査報告２

訪独調査報告

調査期間：平成 21 年 3 月 4 日～平成 21 年 3 月 12 日

派遣者：向殿政男（明治大学教授）、池田博康・清水尚憲（労働安全衛生総合研究所）

１．Cebit2009 における RFID 等の最新技術動向の調査

（平成 21 年 3 月 4 日～平成 21 年 3 月 8 日、Hannover Messes）

今年は、6 日間（3 月 3 日ー8 日）にわたり、世界最大の情報通信技術に関する展示会である CeBIT がドイツのハノーバー市ハノーバーメッセで開催された。この展示会は、RFID に限らず情報通信技術に関する総合的な内容となっており、主催者の発表によると、世界 60 各国以上から約 4,300 社ほどが出展に参加したが、特に今年は、台湾や中国などのアジア地域からの参加が多かった。

○ RFID に関する展示

RFID に関しては、AutoID/Solution Park ホール 7 で展示されていた。ここでは、製造業関係だけではなく、航空産業、医療、商業、物流等さまざまな分野を対象にした商品が展示されており、特に商品や人の個体識別に関するものが多く、中でもセキュリティと入退出管理に関するデモンストレーションが多くみられた。

車両検知システムの一例では、ロングレンジタイプの製品が展示されており、大きく「アクティブタイプ」と「パッシブタイプ」に分類されていた。アクティブタイプは、バッテリーを内蔵した 2.45GHz のトランスポンダーを用いて、最高 8m までの検知距離を持つもの。また、「パッシブ型は、865-868MHz 帯のトランスポンダーを用いて、最高 5m までの検知距離を持つも商品が展示されていた。また、パッシブタイプは UHF カードブースターを用いて検知距離を拡張できるものもオプション設定されていた。なお、どちらもある程度の検知距離を必要とするため、バッテリーを搭載したり、または周波数を高める必要がある。

非接触 IC カードと RFID キータグによる管理システムの一例では、生体認証（虹彩、指紋、指静脈など）との組み合わせにより、利用者認証の高度化を図っていた。これらのシステムでは、それほど検知距離を必要としないためか、パッシブタイプが採用されており、125KHz,13.56MHz の周波数が採用されていた。タグの形状はカードタイプが主流となっていた。

今回の展示では 13.56MHz の周波数を使った小型のパッシブタイプのものは少なか

ったが、中には直径 10mm 程度のコイン型のものや、直径 4mm、長さ 2cm の円錐型のものがあった。しかしどれも検知距離が数センチ程度と短く、数十センチ程度の検知距離を確保するものは無かった。

２．ドイツの研究機関における RFID の産業オートメーション分野への安全応用の可能性調査

訪問先：BGIA（Institute for occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance）

場所：Sankt Augustin 市

日時：平成 21 年 3 月 9 日　10:00～14:30

面会者：Prof. Dr. Dietmar Reinert (Deputy Director), Dr. Michael Schaefer (Head of Div. 5, Accident prevention – Product safety), Dr. Michael Huelke (Reader of new technologies – man & technology)

BGIA はドイツの職業組合 BG 翼下の職業安全健康の研究所であり、DGUV（German Social Accident Insurance）出資の組織として職員約 240 人を抱える欧州でも有数の安全研究機関である。今回は、機械・制御安全の専門家である Dr. Schaefer を訪ねて、主に RFID に関する国際共同研究の可能性について意見交換を行った。

2-1　RFID 利用の国際共同研究テーマの提案

簡単な自己紹介の後、先ず日本提案の RFID の安全アプリケーションの共同研究案の紹介を行った。共同研究のテーマ案は NECA の WG において検討された次の 4 つである。なお、各案の詳細は第？章の国際共同研究テーマ案を参照のこと。

1) 工作機械における人間－機械協調作業の基本安全要件とその技術の確立
工作機械等における「モード 4」と呼ばれる作業者が機械に近接して行う作業において、従来のイネーブル装置に依存しない安全確保のため、協調作業の基本安全要件を明確にするとともに、人的要因の対応として、RFID を利用して作業者毎に適切な作業条件を設定する。

2) 危険点近接作業を対象とした RFID 技術の安全性評価
作業者が動作中に機械の可動部に近接して作業せざるを得ない場合に、安全を確保するための方策を RFID により実現するため、木工機械を対象とした作業者の手指検出を RFID により行う支援保護装置を開発する。

3) IMS（統合生産システム）における電子タグを利用する最適領域管理

複数の機械設備からなるIMS内に作業者が進入できる適切な動的領域管理を作業者の電子タグを利用して行い、その情報に連動する機械の局所制御とロックアウトを組み合わせたシステムを開発する。

4) 機械の誤操作や操作ミスによるリスクを低減するためにRFIDを利用した操作者制限

従来のID入力に代わり操作者のRFIDタグ情報に基づくGUIの個別カスタマイズと、操作者の資格別制限を適用し、産業用ロボットの教示作業時の操作ミスによる事故を低減させる。

2-2 BGIAにおけるRFID利用の研究紹介

BGIA側からは平成20年3月のRFIDアプリケーション事例の講演スライドを基に、同所におけるRFID活用の考え方を紹介いただいた。説明された事例は次の2件である。

1) 廃棄物プレス機械用保護装置への応用

傾斜コンベヤとプレス機械を組み合わせた廃棄物処理機械において、コンベヤ下部で失神した作業者が廃棄物ともに運ばれてプレスされた事故を契機に、コンベヤ上の作業者検知を目的に開発された。従来は、コンベヤ下部にのみロープスイッチが装備されていたが、この事例では、アクティブRFIDを利用する作業者のプレゼンス管理を提案している（SIAS2007で発表済み）。

コンベヤ上部にアンテナ(トランスポンダ)を設置し、コンベヤ側面上に設けた斜行鉄板により磁界を制限しており、トランスポンダは3軸で433Hzを利用している。作業者側のトランスポンダはベストに内蔵され、アンテナ側の処理により作業者の位置、姿勢が管理可能である。RFIDはアクティブ方式のため、チェック用固定トランスポンダによる診断機能と作業者入場時に1回機能診断を実施している。ただし、入場後のチェックはなく、ISO13849-1（機械類の安全性-制御システムの安全関連部-第1部：設計のための一般原則）の安全性能カテゴリは2相当である。

2) カレンダー機械（圧延ロール機械）用保護装置への適用

ゴム等の圧延ロール機において、ロールに平行に設置したワイヤアンテナにより巻き込み直近の空間に磁界を生成し、作用者の手首に装着したタグを検出する。ワイヤアンテナは、垂直、水平のいずれの配置のロールに対しても設置可能であり、実機による試験が行われていた。

安全性能は上記と同様にカテゴリ2相当であり、既設のロープスイッチやバースイ

ッチに追加して使用する。

以上の事例の他に、木材破砕機械や挽肉ミンチ機械への適用も検討されている。BGIA における機械安全分野への RFID 活用研究は、あくまでも追加の保護装置としての位置付けであり、高カテゴリ対応の光線式安全装置と入れ替わるものとしては扱っていない。BGIA ではプレゼンス管理の目的からアクティブ方式を採用しているが、人に装着させるタグの設定や管理の問題は依然として残っている。また、ドイツでは ID に個人情報を入れることを法律で禁止しており、このような電子タグも規制されているとのことであった。

2-3　RFID 利用の国際共同研究の実現可能性について

日本提案の 4 件の共同研究課題に対して、BGIA は貢献をしたいという意向を示された。BGIA にて共同研究を実施するためには、先ず研究資金を提供してもらえるスポンサーを獲得することが重要であり、保険機関（DGUV）から協力を得ることは可能性があるとの見解であった。また、関連メーカからの資金サポートも可能である。実際にプロジェクトとして推進するためには、BG の専門委員会（ロボット等いくつかの分野がある）に依頼することが望ましく、打診をしてみるとのことであった。

研究内容については、ドイツでは金属機械やロボット等で「モード 4」の利用が提案されており、Dr. Schaefer 個人としても興味のある内容とのことであった。これに関連して RFID 利用の提案をドイツから ISO11161（機械類の安全性-産業オートメーションシステムの統合生産性システムの安全性-基本要求事項）に提案したが、フランス等から反対された経緯があった。現在、ドイツでは規則で「モード 4」運転を認めていないが、現実には安全機能を無効化して「モード 4」運転をしているようである。

今後、共同研究を立ち上げるためには、研究課題を絞って一つのプロジェクトから開始する必要があり、BGIA としては上記課題案の 4）を中心としたアクセスコントロールが有力ではないかとのことであった。ただし、上記 4 課題の内容は全て関連性があるため、全て包含する形で一つのプロジェクトにできるのではと指摘された。そこで、改めて日本側から 4 課題案を整理して再提案することとした。また、日本側の実施体制と資金調達可能性について質問があり、前者については研究所や関連メーカを含んだコンソーシアムのような共同体制を検討し、後者については経産省の協力を仰ぎたい旨を返答した。

2-4　Safety 7 の展望について

前回の SIAS2007 で発表件数の多かった 7 ヶ国（日本、ドイツ、フランス、イギリス、フィンランド、アメリカ、カナダ）による安全先進国会議の構想について、改めて説明を

行い、BGIA としての見解を伺った。

現在、同様の国際組織として ISSA（International Social Security Association）の機械分科会があり、Dr. Schaefer をはじめ SIAS の主要メンバーが参加しているため、このような組織や ILO との連携を考えられないか、とコメントがあった。継続性を考慮すれば、大きな組織の下での展開を考えた方がよいとのことであったが、その場合は機械安全以外の他分野との整合が問題となる可能性がある。BGIA でもこの会議の重要性は認識しているので、今後の進め方について検討をしてみるとのことであった。

また、分野を限れば SIAS を利用することは有効であるので、次回の SIAS にワークショップのような議論の場を設けることを提案することとした。

2-5　その他

Dr. Reinert から、RFID 以外の人存在検知のアプリケーション事例の説明を受けた。木工機械用に開発された手の存在検出装置は、LED 反射を利用して人間の手と木材とを周波数識別で見分ける防護装置であり、高応答性（5ms 以下）と外乱に対するロバスト性が特徴であった。この事例の展開として、手の皮膚と冷凍肉の識別のため温度センサを付加したり、手と金属体との識別を検討しているとのことであった。これらの事例はいずれも安全性能カテゴリ 2、パフォーマンスレベル（PL）c の位置付けであり、追加の保護装置として扱っていた。

また、関連する話題について質疑応答を行った。RFID のフェールセーフ化のアプローチについては、現在の 1 日毎（始動時）のチェックを高周波化、あるいは多重化することを民間会社で検討中であるとのことであった。その他、機械制御システムにおけるモード選択機能や PLC 安全性能に関する議論を行った。

最後に、BGIA の機械・制御関連の施設を見学させていただき、RFID を含めた人存在検出装置や各種試験設備の説明をしていただいた。

３．ドイツのセンサメーカにおける産業オートメーション分野への製品と最新技術の調査

訪問先：SICK AG

場所：Waldkirch 市

日時：平成 21 年 3 月 10 日　9:00～14:00

面会者：Mr. Otto Görnemann (Manager of Machine Safety & Regulations, Division of Industrial Safety System)

SICK 社は 1946 年に創立された世界有数のセンサメーカであり、世界中に 40 の支社と約 5000 人の従業員を抱える。特に、光関連の計測機器や保護機器は大きなシェアを有するとともに、売り上げの 9%を研究開発に投資して約 500 人の体制で先進的な研究開発をしている。同社の製品展開の主分野は、ファクトリ、ロジスティックス、プロセスの各オートメーションであるが、今回は産業用の安全関連システムについて説明をしていただいた。

3-1　産業安全システムの主要製品と技術の特徴

SICK 社の産業安全システム部門の主力製品は、

（1）ライトカーテン

（2）レーザスキャナ、カメラシステム

（3）制御デバイス、ネットワークソリューション、RFID

（4）サービス、トレーニング

（5）ソフトウェア、安全 CAD

であるが、この中で(1)ー(3)について説明を伺うとともに、質疑応答を行った。

先ず、最新のライトカーテン（C4000 シリーズ）については高応答性（9ms）と連携インタフェース（安全ダイレクトリンク）を有し、PSDI やアクセスプロテクションへの高度な適用が可能となっていた。特に、後者の機能については、コンベヤ上のパレット足間の光線検知による方向検知や、ハーフミューティングによるパレット上の人間進入の検知など、実用的な応用機能が提供されていた。

レーザスキャナについては、同社が多くの特許を有して圧倒的なシェアを持っており、8 のプリセットエリアを AGV の速度に応じて切り替る事例や、冷凍倉庫用の事例を紹介いただいた。エリアプログラムはコネクタ部に内蔵のメモリに記憶され、利便性が向上していた。また、3 次元空間のスキャンの可能性について伺ったところ、応答性を損なわない方法として 4 レーザで平行 4 平面同時スキャンの研究事例を紹介された。

カメラシステムについては、最新モデル（V300）が 20mm の解像度を持つ type3 システムとして利用されており、他社の 3D カメラに比較すると陰影の問題が少ないため安全防護に適しているとしている。プレスブレーキへ適用した事例として、このカメラとパラレルレーザビームを組み合わせてミューティングの必要のないシステムを提案していた。

RFID を利用した製品としては、非接触式ドアスイッチに RFID チップを内蔵しており、32 ビットの暗号化と 2oo2-D の構成で安全性能カテゴリ 4、PL=e に対応した製品を製造している。

3-2　RFID アプリケーションについて

Mr. Görnemann は RFID の専門家ではないが、SICK 社の RFID の安全応用について考え方を伺ったところ、以下の問題点を指摘された。

(a) 人体の影響を受けやすい

(b) 高価

(c) 限定された分野や用途にしか適用できない

(d) 人体内への装着が不可能

(c)の事例としては、前述の BGIA の廃棄物プレスへの応用と Euchner 社のメタルワーカ用キーシステム（CES システム）を紹介された。

その他、RFID の応用可能性として、建設分野でのアクセスコントロールとして保護ヘルメットへ RFID チップを内蔵する例と、3D-RFID をロボットの教示ペンダントに内蔵して教示者の位置や姿勢を監視する例を挙げられた。

４．電気安全専門家との懇談

訪問先：ZVEI office

場所：Frankfurt 市

日時：平成 21 年 3 月 11 日　14:00～16:00

面会者：Mr. Fridrich Harless (Head of Safety & Electrotechnology, Siemens)

電気安全の専門家である Mr. Harless に面会して、最近の IEC 規格動向について話を伺った。同氏は IEC ACOS 及び IEC TC44 の議長であるため、IEC61496 シリーズの動向や RFID の話題について説明いただいた。

IEC61496-4 に関連して、カメラと RFID を利用する考えが提案されており、将来機能安全関連の規格と調整を取りながら議論される予定であることが分かった。今年の北京での IEC と ISO の共同ワークショップで関連する話題が発表される予定である。

Study on Safety System for Wood Cutting Machine with RFID —Proposal for safety monitoring space in Hazardous Point Nearby Operation—

Shoken Shimizu, Shigeo Umezaki
Machinery System Safety Research Group,
National Institute of Occupational Safety and Health, Japan

INTRODUCTION

- Machinery jobs include those performed near movable parts, such as operation check, adjustment, processing, troubleshooting, maintenance, repair, cleaning, removal, etc., without being suspended by operators. This type of jobs is called Hazardous Point Nearby Operation.
- Labor accidents related to these jobs represent 44.2% of the total fatalities in labor accident (types of accidents limited to, “pinched”, “caught” or “crushed”). Therefore, if appropriate strategies for reducing the risk against the above jobs are established, a significant reduction of industrial accidents is expected.

Principle

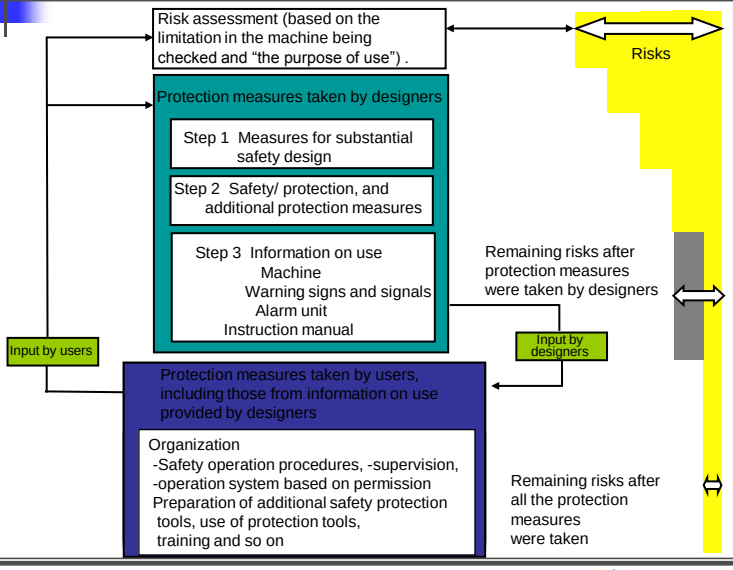
Safety measures through substantial safety designs, machine stop and appropriate distance

→

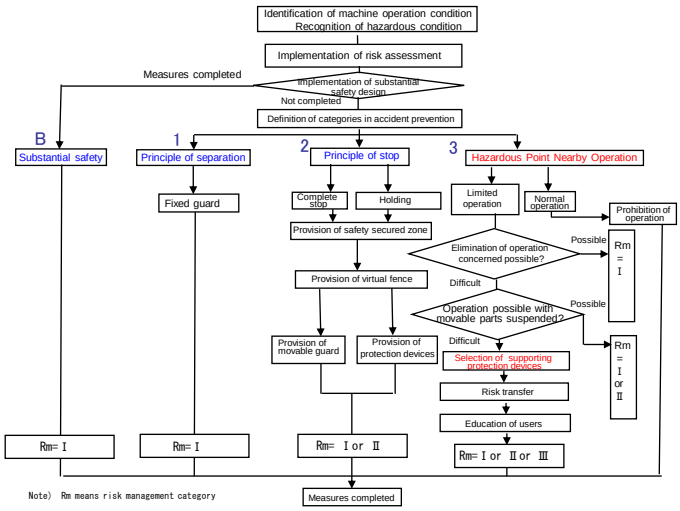
○Measures in the case that the principle cannot be applied
○Strategies for risk reduction in Hazardous Point Nearby Operation

National Institute of Industrial Safety

PROCESS FOR RISK REDUCTION FROM THE DESIGNER'S STANDPOINT (ISO12100-1)


Risk assessment (based on the limitation in the machine being checked and "the purpose of use") .
Risks
Protection measures taken by designers
Step 1 Measures for substantial safety design
Step 2 Safety/ protection, and additional protection measures
Step 3 Information on use
Machine
Warning signs and signals
Alarm unit
Instruction manual
Remaining risks after protection measures were taken by designers
Input by users
Input by designers
Protection measures taken by users, including those from information on use provided by designers
Organization
-Safety operation procedures, -supervision, -operation system based on permission
Preparation of additional safety protection tools, use of protection tools, training and so on
Remaining risks after all the protection measures were taken

PRPPOSAL FOR STRATEGIES FOR ACCIDENT PREVENTION



PROPOSAL FOR SUPPORTING PROTECTION DEVICES

What is supporting protection devices?
Supportive protection devices, which cannot attain appropriate risk reduction by themselves, but are expected to offer reasonable Effect on risk reduction if combined with measures for prevention of human accidents by operators and others

Supporting protection devices

- Light beam sensing devices for processing machine (Blanking system)
- Light beam sensing devices for roll-mill (floating system)
- Human detection devices for wood cutting machine

National Institute of Industrial Safety

A JOB USING WOOD CUTTING MACHINE

Suspended-type movable guard

The guard opens when the wood pushes it. However, it opens manually.

The job is done near the saw blade with both hands on the wood material.

National Institute of Industrial Safety

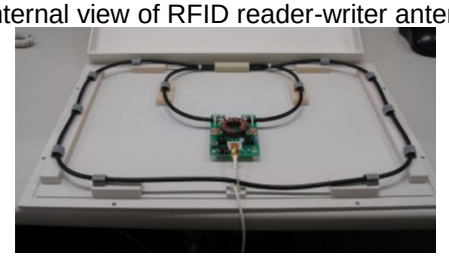
CONDITIONS OF OPTIMAL SAFETY MONITORING SPACE

- The safe space does not overlaps with hazardous space by failure or degradation of the machine.

ANALYSIS MODELING

External view of RFID reader-writer antenna

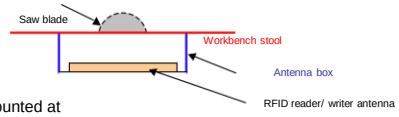
Internal view of RFID reader-writer antenna



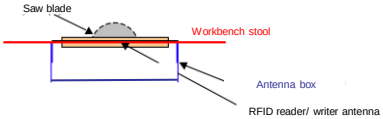
ANALYSIS MODELING

○ Confirm the difference of positions for RFID reader/ writer antenna and the influences given by the existence of surrounding work pieces.

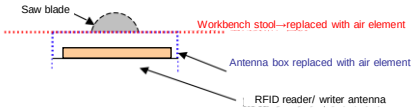
"BOTTM Model"
The basic model shall be the one where RFID reader/ writer antenna is mounted on the bottom of the antenna box.



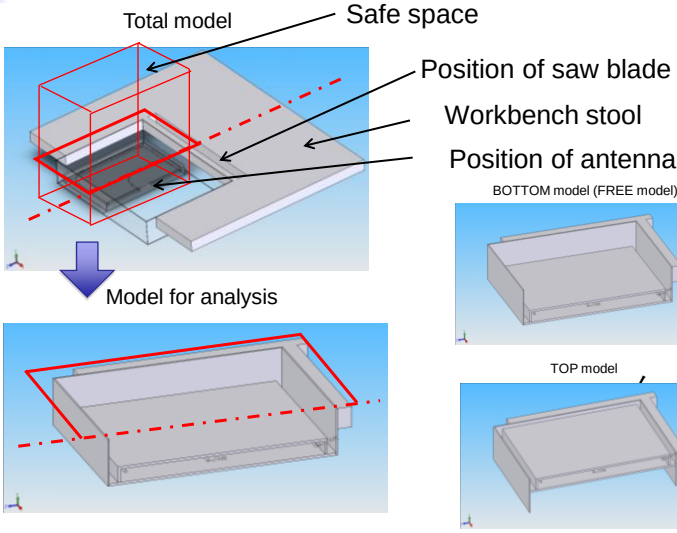
"TOP Model"
Changed to the model where RFID reader/ writer antenna is mounted at the same height with surface of workbench stool for operation



"FREE Model"
The mounting position for RFID reader/ writer antennae shall be basically the same with that in the basic model. However, it was changed to the model without surrounding work pieces. The same method is applied regarding model formation in the basic case. However, the model is developed with materials of surrounding work-pieces being replaced with air element.



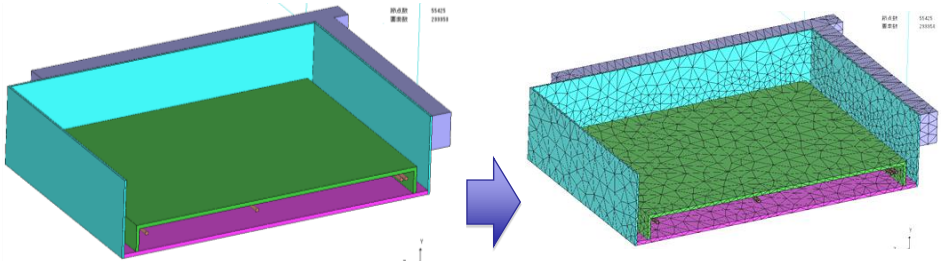
National Institute of Industrial Safety



National Institute of Industrial Safety

FEM ANALYSIS OF MAGNETIC FIELD

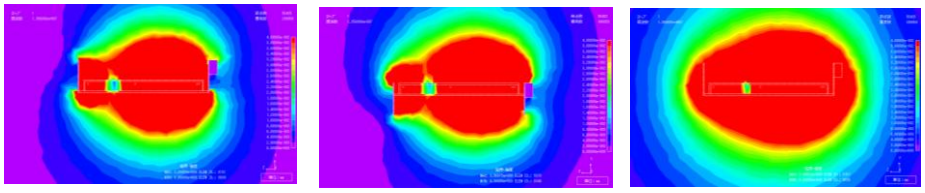
Automatic mashing function of JMAG



National Institute of Industrial Safety

RESULTS OF FEM ANALYSIS OF MAGNETIC FIELD

In the case that the electromagnetic induction voltage necessary for response of IC tags was given, they respond for it. It depends on the strength of magnetic flux of antenna. Taking above factors into account, we focused on the conditions of magnetic field generated by RFID reader/ writer antenna. Especially, our analysis was focused on how the conditions of magnetic field differ depending on the circumstances surrounding RFID reader/ writer antenna.

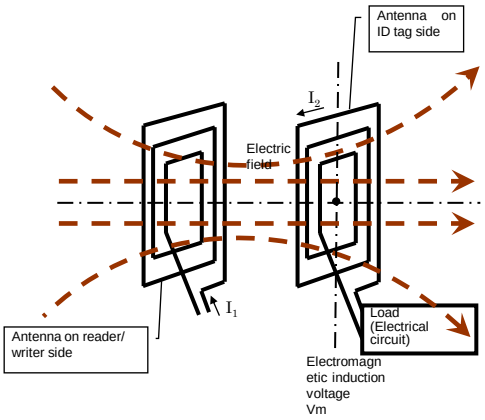


BOTTOM Model　　TOP Model　　FREE Model

単位 A/m

The above figures show that distributions of magnetic field are determined by the relation between the positions of antennas and metals. On the contrary with these fact, it can be said that we can possibly predict where to locate the antenna and where in surrounding area to locate metal parts, for attaining the given conditions of magnetic field.

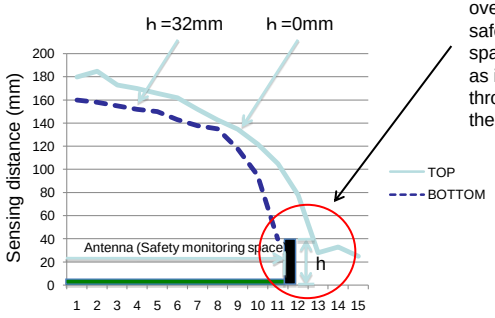
National Institute of Industrial Safety



13.56MHz passive RFID communicates with reader/ writer ID tags using electromagnetic induction method. Therefore, in the case the electromagnetic induction voltage necessary for response of IC tags was given, , they respond for it. It depends on the strength of magnetic flux of antenna and the number of coils.

In the trial simulation for this time, we examine the availability of simulating magnetic field, magnetic flux and characteristics of electric field distribution of reader/ writer. As the result, we found that it is possible to simulate characteristic changes in magnetic field, magnetic flux and electric field, corresponding to characteristics of reader/ writer, forms and materials of machining tools for it and positions for reader/ writer.

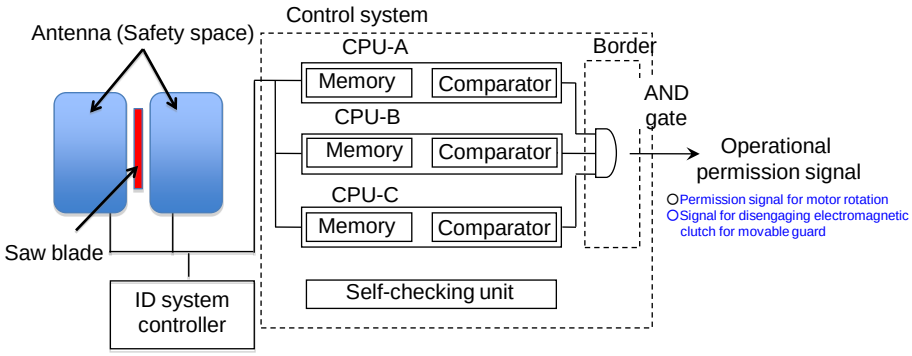
RESULTS OF STUDIES ON SAFETY MONITORING SPACE



Distance from the center of antenna (cm)

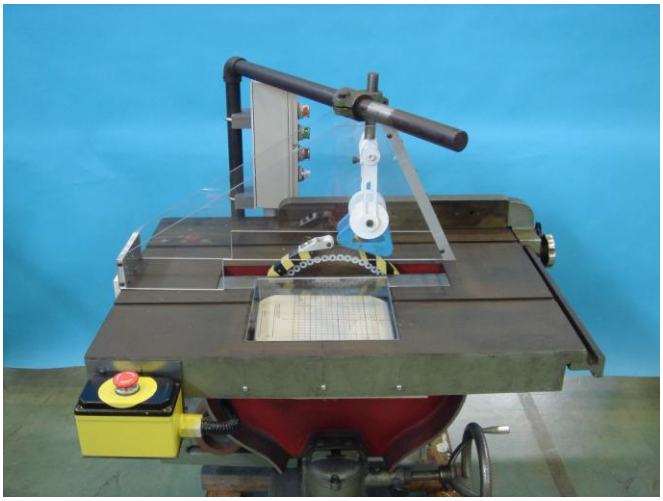
In BOTTOM Model, overhang of the safety monitoring space is eliminated, as in the simulation, through the effect of the shield.

BASIC CONFIGURATION OF WOOD CUTTING MACHINE



National Institute of Industrial Safety

SAFETY SYSTEM FOR WOOD CUTTING MACHINE

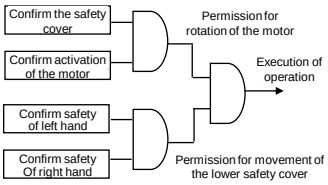


National Institute of Industrial Safety

SUPPORTING PROTECTION UNIT FOR WOOD CUTTING MACHINE

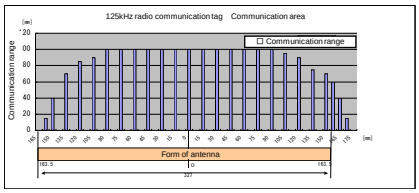
- Measures for reducing risks in supporting protection unit
  - Permit movement of the safety cover only in the occasion when hands and fingers are within the safety space, and lock it when safety is not assured. ⇨Hardware
- Measures for reducing human risks
  - Put on gloves with IC tag before operation ⇨Training

SUPPORTING PROTECTION UNIT FOR WOOD PROCESSING MACHINE


Confirm the safety cover
Confirm activation of the motor
Confirm safety of left hand
Confirm safety Of right hand
Permission for rotation of the motor
Execution of operation
Permission for movement of the lower safety cover

Conditions of executing wood processing

Video of experiments



Results of test on reception characteristics of IC tag

SUMMARY AND THEMES IN THE FUTURE

- Safety systems for wood cutting machines, typical Hazardous Point Nearby Operation were proposed, introducing a new concept of supporting protection device.
- Examine enhanced RFID system as well as defining requirements for designing optimal safety monitoring space.

添付資料５　調査研究　本委員会議事録

第１回国際共同研究テーマ発掘調査研究本委員会議事録

(社)日本電気制御機器工業会

日　時　平成２０年１２月１８日（木）１０：００～１２：００

場　所　(社)日本電気制御機器工業会　第１会議室

出席者（順不同・敬称略）(*印は、重複)

【委員会・委員】

向殿政男（明治大学)、池田博康（(独）労働安全衛生総合研究所)、藤田俊弘、(IDEC㈱)、外山久雄*（オムロン㈱)、笠井　浩（(社）日本電気制御機器工業会)

【ワーキング･グループ・委員】

外山久雄*、飯田龍也（オムロン㈱）清水尚憲（(独）労働安全衛生総合研究所)、野中俊助（㈱山武)、福井秀利（IDEC㈱）

【事務局】

仲摩恵一、井尾正一

概　要

藤田委員から、開会のご挨拶の後、(社）日本機械工業連合会プロジェクトの受託経緯について、ご報告があり、次の通り末尾資料に従い、議事を進めた。

１．プロジェクトの概要について

外山委員から、配布資料に基づき、事業の目的、内容、事業体制、委員会及びWGのスケジュール、予算額等について、説明があった。

２．メンバー構成については、委員長に向殿政男氏、ワーキング座長には、外山久雄氏に決定し、メンバーについては、配布資料の通りで、進めていくこととなった。

３．調査の進め方については、具体的内容は、ワーキンググループで検討し、各委員がそれぞれ担当することとした。

４．ドイツへの調査について

現地調査については、既に、福井委員に１１月２３日からドイツに派遣し、関係企業

へのヒアリング調査を実施しており、来年、２月頃、向殿委員長、池田委員及び清水委員をドイツに派遣することとし、具体的準備を進めることとした。

- 派遣時期　2 月下旬　5～6 日間
- 派遣先　　ドイツ：BGIA（BG-Institute for Occupational Safety and Health）、
  BALLUFF、フランフォファ、SICK
  フランス：INRS (National Research and Safety Institute)
- メンバー　　向殿委員長、池田委員、清水委員

５．報告書作成について

報告書監修　向殿委員長

RFID 国内調査　飯田、野中委員

産安研関係　清水委員

海外調査　　向殿委員長、池田、清水、福井委員

６．海外調査報告について

11 月 23 日から 1 週間調査のため、派遣した福井委員から、ドイツの関係企業へのヒアリング結果について、報告があった。

７．国内状況について

清水委員から、RFID を利用した機械安全の研究について、報告があった。

以上

産業オートメーションシステムの安全に関する国際共同研究テーマの発掘調査研究

2008/12/18

（社）日本電気制御機器工業会

Copyright 2007 NECA. All rights reserved.

1 委託業務の目的・内容

（1）目的

・ わが国が先進性を有し、今後イニシアティブをとっていくことが可能な安全技術分野である制御安全等の分野を中心に安全先進国との国際共同テーマの研究開発を実行していくことにより、短期的には、わが国のものづくり産業の安全化の推進に寄与することを目的とする。

・ 特にRFID分野をﾄﾞｲﾂの関連機関と今後の研究開発の実態を調査する。

（2）内容

・ 安全分野に展開できる電子タグの調査

安全分野に活用可能な電子タグについて、その適用応用範囲を機械安全分野について調査する。

・ 欧州の安全関連機関における研究開発実態の調査

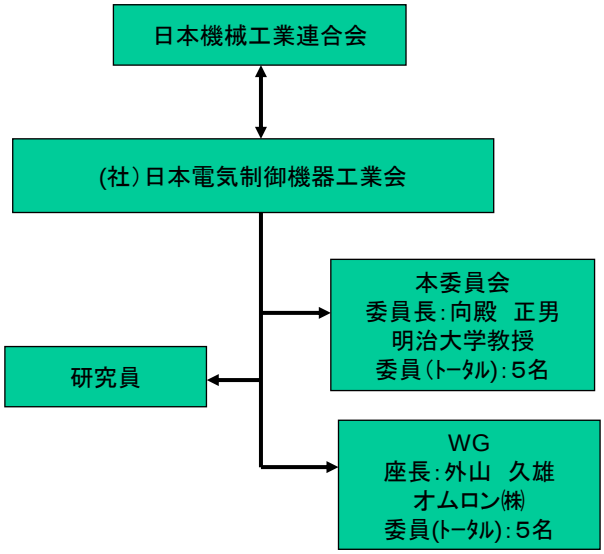
欧州における新規技術開発動向などを調査する。

・報告書の作成

上記を踏まえて、電子タグを活用した安全システムの可能性および課題を抽出し、報告書に取り纏める。

Copyright 2007 NECA. All rights reserved.

2 事業体制



Copyright 2007 NECA. All rights reserved.

3－1 調査研究委員会委員候補(案)
本委員会(*印は委員長候補)

(順不同・敬称略)

氏　　名	所属及び役職	推薦理由
向殿　正男*	明治大学　工学部　教授	産業における安全の学識エキスパート。18年度まで本事業の委員長。
福田　隆文	長岡技術科学大学　准教授	産業における安全の学識エキスパート
池田　博康	(独) 労働安全衛生総合研究所 産業安全研究所	産業における安全の学識エキスパート
藤田　俊弘	ＩＤＥＣ㈱ 制御安全委員会委員長	産業における安全の学識エキスパート
外山　久雄	オムロン㈱技術統括センタ企画室 長岡技術科学大学　客員教授 NECA　技術委員会　副委員長	産業における安全の学識エキスパート
事務局		
仲摩　恵一	(社) 日本電気制御機器工業会　事務局長	
井尾　正一	(社) 日本電気制御機器工業会　企画部長	
垣本　達美	(社) 日本電気制御機器工業会	

Copyright 2007 NECA. All rights reserved.

３－２ 調査研究委員会委員候補（案）
調査WG（*印は座長候補）

（順不同・敬称略）

氏　　名	所属及び役職	推薦理由
外山　久雄　※	オムロン㈱技術統括センタ企画室 長岡技術科学大学　客員教授 NECA技術委員会　副委員長	産業における安全の学識エキスパート
福井　秀利	IDEC㈱　商品開発センター	産業における安全の学識エキスパート
野中　俊助	㈱山武　AACプロダクツ開発部	産業における安全の学識エキスパート
飯田　龍也	オムロン㈱　営業統括事業部 セーフティ営業部	産業における安全の学識エキスパート
清水　尚憲	（独）労働安全衛生総合研究所 産業安全研究所　上席研究員	産業における安全の学識エキスパート
事務局		
井尾　正一	(社)日本電気制御機器工業会	
垣本　達美	(社) 日本電気制御機器工業会	

※は、本委員会と兼務

Copyright 2007 NECA. All rights reserved.

４ 委員会スケジュール

調査研究本委員会スケジュール(案)

年　月	委員会の開催等	検討内容等
平成２０年１２月	第１回　本委員会	キックオフ 計画の決定（役割含め） まとめの方向性（現状ある情報からまとめる） －WG３A及び産安研調査データ ＊交流先との交流は、S7関連も可
平成２１年　３月	第２回　本委員会	報告書の最終レビュー

調査研究WG委員会スケジュール(案)

年　月	委員会の開催等	検討内容等
平成２０年１２月	第１回　WG	検討対象の確認、現地調査計画の立案
平成２１年　１月	第２回　WG	調査データの中間状況報告
平成２１年　２月	第３回　４回　WG	上記と纏めのレビュー ＊まとめのための個別WGは都度開催
平成２１年　３月	第５回　WG	報告書の確定

Copyright 2007 NECA. All rights reserved.

５ 各担当の役割

	委　員			調査地			
	委員名	会社名	所在地	データ提供	海外調査	報告書等まとめ	コントロール
委員長	向殿 正男	明治大学	東京			監修	○
委員	池田 博康	産安研	東京		交流先の提供	レビュー	
委員	藤田 俊弘	IDEC㈱	大阪		交流先の提供	レビュー	
委員 WG座長	外山 久雄	オムロン㈱	東京		交流先との調整（支援）	整合	○
WG委員	清水 尚憲	産安研	東京	○	交流先との調整と派遣	レポート作成	
WG委員	野中 俊助	㈱山武	藤沢		？	レポート作成	WGサブ
WG委員	福井 秀利	IDEC㈱	大阪		○（済み）	レポート作成	
WG委員	飯田 龍彦	オムロン㈱	京都	○			
事務局	井 尾 正一 垣 本 達美	NECA	東京		手配	報告書作成	経費

Copyright 2007 NECA. All rights reserved.

参　　考

報告書のフォームと概要案

まとめ 09．3．3－8CeBITあり 枠として、4名分（残り3名？？）あり	調査結果を記述 ・総括（向殿先生） ・調査成果 ①研究テーマの候補 ②効果と影響度 ③進めるための課題 今あるデータをまとめる
調査プロセス	・調査体制 ・日程（委員会等） ・外部調査日程
調査内容	調査した内容の記述（項目別に） ・データを付属する

調査研究を進めるための情報

ＷＧ３Ａの調査データ	飯田殿
産衛研様の研究データ	清水殿
新たにドイツ調査データ	派遣者から

Copyright 2007 NECA. All rights reserved.

第２回国際共同研究テーマ発掘調査研究　本委員会議事録

（社）日本電気制御機器工業会

日時；２００９年3月２３日（月）　１３：３０～１４：３０

場所；味覚糖ＵＨＡ館３０１会議室

出席者；本委員会

向殿政男（明治大学）、池田博康（（独）労働安全衛生総合研究所）、
藤田俊弘（IDEC（株））、外山久雄（オムロン（株））

ＷＧ委員会

福井秀利（IDEC（株））、野中俊助（山武）、
外山久雄（オムロン（株））

事務局

井尾正一、垣本達美

議題；

１．前回委員会からの経過説明と確認。

外山委員から本事業の活動実績について説明がなされ、承認された。

２．成果報告書案に対するレビューと承認。

①序文、はしがきおよび第１章から第４章までの報告書原案を外山委員および担当委員から説明を行い、承認された。

②成果として国際共同研究を５テーマ抽出したが、５テーマとも承認された。

３．今後の進め方に関する討議と確認。

次年度の活動について討議し、以下の方向で進めることになった。

① ５テーマの国際共同テーマを、今回訪問したBGIAと進めていく方向となった。

② 進め方としては、平成２１年度も本調査研究の継続を申請し、海外関連機関との調査を実施して、共同研究を具体化するためのテーマ化に取り組み、平成２２年度からの共同研究を目標とする。

以上

非　売　品

禁無断転載

平　成　２　０　年　度

産業オートメーションシステムの安全技術に関する

国際共同研究テーマの発掘調査研究報告書

発　行　　平成２１年３月

発行者　　社団法人　日本機械工業連合会

〒105-0011

東京都港区芝公園三丁目５番８号

電　話　０３－３４３４－５３８４

社団法人　日本電気制御機器工業会

〒105-0013

東京都港区浜松町二丁目１－１７

松永ビル

電　話　０３－３４３７－５７２７